

FACULTÉ MIXTE DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE LYON
Année 1966. — N° 235

Travail du Service d'Electro-Encéphalographie
de l'Hôpital Neurologique de Lyon (Prof. agrégé J. COURJON)

PLACE DE L'ÉCHO-ENCÉPHALOGRAPHIE DANS L'EXPLORATION FONCTIONNELLE DU SYSTÈME NERVEUX

THÈSE

PRÉSENTÉE

A LA FACULTÉ MIXTE DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE LYON

et soutenue publiquement le 21 Décembre 1966

POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR EN MÉDECINE

PAR

Jean AMBROSINI

Né, le 20 Août 1938, à Lyon 2^e

Élève de l'École du Service de Santé Militaire



LYON

SOCIÉTÉ ANONYME DE L'IMPRIMERIE A. REY

4, RUE GENTIL, 4

—
1966

**PLACE DE L'ÉCHO-ENCÉPHALOGRAPHIE
DANS L'EXPLORATION FONCTIONNELLE
DU SYSTÈME NERVEUX**



PERSONNEL DE LA FACULTÉ

M. J. LEPINE : Doyen honoraire, membre de l'Institut. M. H. HERMANN, Doyen honor., correspond. de l'Ins.
M. J.-F. CIER : Doyen. MM. M. LEVRAT et J. DORCHE, Assesseurs. M. H. PRUVOST, Conseiller administ.

PROFESSEURS HONORAIRES

MM. PATEL, LEPINE, TRILLAT, GARIN, GATE, MARTIN, GABRIELLE, SANTY, DUCLOS,
GUILLEMINET, HERMANN, ROCHET, POLLOSSON, ENSELME, WERTHEIMER, SARROUY.

PROFESSEURS

CIBERT.	Clinique urologique.	PAPILLON.	Radiologie.
PONTHUS (dét. à Beyrouth)	Physique biologique.	JEUNE.	Clin. méd. infant. et hyg. du 1 ^{er}
CHAMBON.	Chimie organique et toxicologie.	GONIN.	Thérapeutique.
PAUPERT-RAVAULT.	Clinique médicale B.	MONNET.	Clinique médicale infantile B.
FROMENT.	Clinique et prophylaxie cardio-vascul.	CHATONNET.	Physiologie B.
CROIZAT.	Clinique médicale C.	GUINET.	Clinique endocrinologique.
MALLET-GUY.	Clinique chirurgicale A.	H. COLLET (1)	Chimie génér. et pharmaceutiq
REVOL.	Pharmacie galénique.	TRILLAT.	Clinique de chirurgie orthopédiq
PIGEAUD.	Clinique obstétricale.	FREDEL.	Clinique stomatologique.
BOURRET.	Médecine du travail.	MARION Joseph.	Clin. de chir. et d'orthop. infar
LEVRAT.	Clinique médicale A.	DORCHE.	Matière méd. et législat. pharma
SOHIER.	Hygiène et action sanit. et sociale.	L. MANSUY (1)	Neurochirurgie.
NETIEN.	Botanique et cryptogamie.	L. REVOL (1)	Hématologie.
BERTRAND.	Clinique chirurgicale C.	J. LECUIRE (1)	Neurochirurgie.
BADINAND.	Chimie analytique pharmaceutique.	X...	Histologie et Embryologie.
DREVEN.	Pharmacie chimique et pharmacol.	H. LIARAS (1)	Clinique chirurg. et propédeuti
ROCHE.	Médecine légale et déontologie.	PERROT.	Chimie.
COUDERT.	Parasitologie et pathologie exotique.	CIER J.-F.	Physiologie A.
MOUNIER-KUHN	Clinique d'oto-rhino-laryngologie et d'audio-phonologie.	PERRIN J.	Thérapeut. chirurg. et chir. opérat
PAUFIQUE.	Clinique ophtalmologique.	P. GOINARD (1)	Clin. thérap. chirurgic. et chirur
THIERS.	Clin. de dermat., syphil. et allergol.	MICHAUD Pierre.	Clinique de chirurgie cardiaque.
BRUN.	Clinique de pneumo-physiologie.	M. PONT (1)	Médecine générale.
CREYSSEL.	Clin. chirurg. orthop. et traumatolog.	J. TRAEGER (1)	Pathologie métabolique et rénol
DARGENT.	Clinique carcinologique.	MATHIEU.	Clinique gynécologique.
M. BERGER (1)	Phys. nucl. appliquée à la médec.	FAUCON.	Biologie médic. et pharmacodyn
GUICHARD.	Anatomie pathologique.	BERTOYE.	Clinique des maladies infectieuses
GIRARD Paul.	Pathologie générale et expérimentale.	VIGNON.	Hydro. thérapeutique, climato
GIRARD Marcel.	Clinique médicale D.	CIER André.	et écologie sociale.
LATARJET.	Anatomie.	VINCENT D.	Pharmacodynamie.
PEYCELON.	Clinique chirurgicale B.	L. COLOBERT	Biochimie appliquée.
VACHON.	Pathologie médicale.	X...	Chimie biologique et médicale.
GALY.	Physio-pathol. des voies respiratoires.	X...	Pathologie chirurgicale.
		X...	Clin. neuro-psych. et d'hyg. m
		X...	Physiol. et pathologie obstétric
		X...	Hygiène et action sanit. et soci

(1) Professeurs à titre personnel.

PROFESSEURS SANS CHAIRE

ROMAN.	Parasitologie.	De SOLLIERS.	Chimie analytique.	THIVOLET Jean.	Hygiène.
FEROLDI.	Anatomie pathol.	DESPIERRES.	Médecine générale.	MALLEIN	Chimie analyti
MORET.	Physique biolog.	GARIN.	Parasitologie.	COLOMB.	Dermatologie.
ODDOUX Lucien.	Botan. et cryptog.	TOLOT.	Médecine du trav.	PINET.	Electro-Radiolo

MAITRES DE CONFERENCES AGREGES TITULAIRES

MM. CREYSSEL R., chimie biologique; GUYOTAT, neuro-psychiatrie; DESCOTES, chirurgie générale; JOU pathologie expérimentale; PEYRIN, physique biolog.; TOMMASI, anat. pathol.; BUFFARD, électro-radiol.; LEJEL méd. génér. et thérap.; de MOURGUES Fr., stomatol.; NAUSSAC, mal. infect.; REBOUILLAT, chir. gén.; ROMAG pédiatrie; DELAHAYE, méd. génér.; DELEUZE, anesthésiol.; GIRAUD, élect.-radiol., diagnostic et thérap.; MICI anesthésiol.; FRANÇOIS, pédiat. et puériculture; MICHOULIER, chir. gén.; LAMBERT, méd. génér.; FRIES, médecine générale; GILLY, pédiatrie; ROBERT, médecine générale; BOUCHET, anatomie; BETHENOD, pédiatrie; GERMA immunologie, sérologie, hématologie; KALB, pneumo-physiologie; LABRE, pédiatrie; SOUSTELLE, chirurgie générale; VIALA, médecine génér.; VINCENT, bactériologie, parasitologie, virologie; GIROD, histolog. et embryologie; G chimie biolog.; COLIN, médecine légale; BERTRAND, chimie biologique; MARET, chir. génér.; VIALIER-RAYNA bactériologie; CHOLLAT, électro-radiol.; FLEURETTE, bactériologie; FLANDROIS, physiologie; MOREL, hématolog. TERMET, chirur. thoracique et cardio-vasculaire; FREDERICH, pharmacologie; DAUDET, chirurgie infantile; BRU médecine génér. et thérap.; LOMBARD-PLATET, chirurgie génér.; BOUVIER, rhumatologie; FREYCON, pédiat LAPRAS, neuro-chirurgie; PELLET, physiologie; DUQUESNEL, électroradiologie; DEJOUR, orthop. et traumatolog. MOULIN, dermato-vénérologie; PERRIN-FAYOLLE, pneumo-physiologie; PALIARD, méd. génér. et thérap.; MORG O.R.L.; PAUPERT-RAVAULT M., ophtalmologie; MOTIN, anesthésiologie; PASQUIER, méd. génér. et thérapeuti VAUZELLE, anatomie pathol.; CZYBA, histologie et embryologie; CABANAC, physiol.; TOURAINE, pneumo-physi BEL, médecine génér. et thérap.; CHARVET, gynécologie obstétrique; MAYER, cancérologie; SISTERON, chir thoracique et cardio-vasculaire; BRAILLON, anatomie et chirurgie générale; VILLIERS, chirurgie génér.; LOUIS chimie biologique; COURJON J.-A., neuro-psychiatrie.

MAITRES DE CONFERENCES AGREGES STAGIAIRES

FAVRE-GILLY J.	Hématologie.	ROLLET.	Pharmacie galén.
RIFFAT Georges.	Hygiène.	BIZOLON.	Physique.

AGREGES EN EXERCICE

BONAMOUR G.	Ophtalmologie.	HUGONNIER R.	Ophtalmologie.	MORNEX René.	Médecine génér.
FRANCILLON J.	Chirurgie générale.	ALLÈGRE Georges.	Neuro-chirurgie.	CHASSARD.	Electro-radiolog
NOTTER.	Chirurgie générale.	GARDE Alexandre.	Médecine générale.	GARMIER.	Obstétrique.
De MOURGUES G.	Gynécol. obstétric.	FAYSSÉ Robert.	Orthopédie.	DUMAS.	Stomatologie.
DUMONT Martial.	Obstétrique.	GAILLARD Jean.	Oto-rhino-laryngol.	SCHNEPP.	Orthopédie.
SCHOTT Bernard.	Neuro-psychiatrie.	PERRIN André.	Médecine générale.	NOEL Gilbert.	Médecine génér.
DEVIC Michel.	Médecine générale.	NORMAND Jean.	Médecine générale.		
SAUBIER Eugène.	Chirurgie générale.	MOUNIER-KUHN			
DURAND Louis.	Urologie.	Alain.	Chirurgie générale.		

EXAMINATEURS DE LA THÈSE

Président : M. le Professeur LECUIRE; Assesseurs : MM. ALLÈGRE, LAPRAS et COURJON

La Faculté de Médecine de Lyon déclare que les opinions émises dans les dissertations qui lui sont présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner ni approbation ni improbation.

FACULTÉ MIXTE DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE LYON
Année 1966. — N° 235

Travail du Service d'Electro-Encéphalographie
de l'Hôpital Neurologique de Lyon (Prof. agrégé J. COURJON)

**PLACE DE L'ÉCHO-ENCÉPHALOGRAPHIE
DANS L'EXPLORATION FONCTIONNELLE
DU SYSTÈME NERVEUX**

THÈSE

PRÉSENTÉE

A LA FACULTÉ MIXTE DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE LYON

et soutenue publiquement le 21 Décembre 1966

POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR EN MÉDECINE

PAR

Jean AMBROSINI

Né, le 20 Août 1938, à Lyon 2^e

Élève de l'École du Service de Santé Militaire



LYON

SOCIÉTÉ ANONYME DE L'IMPRIMERIE A. REY

4, RUE GENTIL, 4

1966



Digitized by the Internet Archive
in 2026

A MA MERE

A MON PERE

A MA SŒUR ET MON BEAU-FRERE

A TOUTE MA FAMILLE

A TOUS MES AMIS

A NOTRE PRÉSIDENT DE THÈSE

MONSIEUR LE PROFESSEUR LECUIRE

Professeur à la Faculté - Neuro-chirurgien des Hôpitaux

Il nous a fait l'honneur d'accepter la présidence de cette thèse.

Nous le prions de bien vouloir trouver ici l'expression de notre respectueuse admiration et de notre profonde reconnaissance.

AUX MEMBRES DE NOTRE JURY

MONSIEUR LE PROFESSEUR AGRÉGÉ ALLÈGRE

Professeur agrégé de Neuro-Chirurgie
Neuro-chirurgien des Hôpitaux

MONSIEUR LE PROFESSEUR AGRÉGÉ LAPRAS

Professeur agrégé de Neuro-Chirurgie
Neuro-Chirurgien des Hôpitaux

Nous les remercions d'avoir accepté avec bienveillance d'être nos juges et les assurons de notre profonde gratitude.

MONSIEUR LE PROFESSEUR AGRÉGÉ COURJON

Professeur agrégé de Neuro-Psychiatrie
Médecin des Hôpitaux

Il nous a proposé le sujet de cette thèse et nous a permis en plus de cette étude de nous intéresser à tout ce qui a rapport à l'exploration fonctionnelle du système nerveux.

Il ne nous a pas ménagé ses conseils ; sans lui ce travail n'aurait pu avoir lieu.

Nous le prions de bien vouloir trouver ici l'expression de notre profond respect.

A NOS MAÎTRES DE LA FACULTÉ ET DES HÔPITAUX DE LYON

A MONSIEUR LE DOCTEUR FISCHER

Interne des Hôpitaux de Lyon

Sa collaboration nous a été d'une aide très précieuse.

Ardent promoteur de la méthode, il s'est d'emblée imposé comme un maître en la matière.

Nous l'assurons de notre gratitude et de notre profonde admiration.

A MONSIEUR PARRIS

Docteur-Ingénieur

Nous le remercions d'avoir su par ses connaissances, nous aider à mieux comprendre les phénomènes se rapportant aux ondes ultra-sonores.

A MONSIEUR LE MÉDECIN-GÉNÉRAL-INSPECTEUR BORON

Professeur Agréé du Val-de-Grace
Directeur de l'École du Service de Santé Militaire
et de l'Hôpital Militaire d'Instruction Desgenettes

A MONSIEUR LE MÉDECIN-COLONEL GROSSETETE

Bactériologiste des Hôpitaux des Armées
Médecin-Chef de l'Hôpital Militaire d'Instruction Desgenettes
Sous-Directeur de l'École du Service de Santé Militaire

A MONSIEUR LE MÉDECIN - CAPITAINE LAFAY

A NOS MAÎTRES DE L'E.S.S.M.

ET DE L'HÔPITAL MILITAIRE D'INSTRUCTION DESGENETTES



A MONSIEUR LE MÉDECIN - COLONEL MARTRES
Médecin-Chef de l'Hôpital Militaire Yacinthe-Vincent de Dijon

A MONSIEUR LE MÉDECIN-LIEUTENANT COLONEL CHENILLET

A MONSIEUR LE MÉDECIN-LIEUTENANT COLONEL MULTEDO

A MONSIEUR LE MÉDECIN - COMMANDANT MARRINACCE

A MONSIEUR LE MÉDECIN - COMMANDANT PONCELET

A MONSIEUR LE MÉDECIN - COMMANDANT EHRHART

A MONSIEUR LE MÉDECIN-CAPITAINE BIET

AU PERSONNEL CIVIL ET MILITAIRE DE L'HÔPITAL MILITAIRE
YACINTHE-VINCENT DE DIJON

PLACE DE L'ÉCHO-ENCÉPHALOGRAPHIE DANS L'EXPLORATION FONCTIONNELLE DU SYSTÈME NERVEUX

CHAPITRE I

HISTORIQUE DE LA MÉTHODE

Depuis l'introduction en pratique neurologique de toute une série d'investigations para-cliniques, le diagnostic de processus expansifs intracrâniens est devenu beaucoup plus facile et surtout plus sûr.

Il y eut successivement apparition des techniques de ventriculographie, d'encéphalographie, d'angiographie, d'électro-encéphalographie et la gamma encéphalographie. Devant cet arsenal, le clinicien se trouvait donc en présence de vastes possibilités pour préciser un diagnostic.

Ces méthodes ont en commun l'inconvénient de manipulations plus ou moins longues dont certaines ne sont pas dénuées de risques.

Il fallait donc trouver une méthode sûre et surtout rapide et pratique pour préciser rapidement un diagnostic dans les cas où le clinicien aurait voulu rapidement et sans geste traumatisant, avoir la preuve d'un processus d'expansion, quitte plus tard, les soins urgents donnés, à continuer l'investigation au moyen des autres examens para-cliniques.

L'écho-encéphalographie semble répondre à de telles conditions ; examen simple elle est devenue ces dernières années une méthode complémentaire utile pour le diagnostic des affections intracrâniennes qui déplacent les structures médianes.

Elle est basée sur la déviation d'un écho-médian correspondant

au déplacement par une expansion intracrânienne des structures médianes du cerveau.

C'est LEKSELL qui, en 1954 présenta l'écho-encéphalographie.

Avec des ultra-sons de fréquence de 0,5 à 2 mégacycles en appliquant à même le scalp un émetteur-récepteur ultra-sonique dans la région temporale, il démontre l'apparition régulière sur l'écran d'un oscillographe d'une réflexion des ultra-sons ou écho dominant, correspondant aux structures normalement situées dans le plan médian de la boîte crânienne.

A côté de cet écho-médian, il peut recueillir des échos provenant de la réflexion du faisceau par le scalp et l'os, au début, quand ces structures sont touchées par le faisceau, à la fin lorsque l'os du côté opposé est atteint.

L'écho-encéphalographie avait alors fait ses premiers pas dans les moyens d'investigation neurologique. Depuis cette date, de nombreux auteurs dans le monde entier ont étudié cette méthode.

En 1964, en France, M^{me} PLANIOL avec ses collaborateurs, MIKOL, CHARPENTIER, BUISSON, en expose les données essentielles dans un mémoire de la *Revue Neurologique*.

La thèse marseillaise de SAIER (1964) est un premier bilan important à partir de 132 cas.

Le 20 janvier 1965 paraissait dans le *Journal de Médecine de Lyon* le premier article lyonnais concernant l'écho-encéphalographie. MM. G. FISCHER, P. GERIN, M. REVOL, J. COURJON sous le titre : « Place de l'écho-encéphalographie dans le diagnostic des lésions intracrâniennes ». Ces auteurs en conclusion de leur étude montraient que l'écho-encéphalographie se présente comme un examen simple, rapide, non traumatisant, susceptible d'apporter des renseignements utiles dans le dépistage des lésions intracrâniennes déplaçant les formations médianes. Sa place dans les investigations para-cliniques se situe à côté de l'électroencéphalographie dont elle paraît complémentaire.

Le 3 mars 1966, MM. P. WERTHEIMER, G. FISCHER, J. COURJON, P. GERIN, M. REVOL, et F. MUNIER présentent à la Société Française de Neurologie un travail beaucoup plus complet portant sur une statistique de 1.000 cas permettant de dégager les indications essentielles de l'écho-encéphalographie, à savoir :

1° Dans la phase aiguë des traumatismes crâniens, des accidents

vasculaires et des manifestations cliniques d'étiologie indéterminées, elle présente un moyen d'information rapide, facile, dépourvu de risques.

2° Dans le diagnostic des tumeurs intracrâniennes et des hématomes chroniques, elle apporte une information complémentaire à l'électro-encéphalographie et à artériographie au stade initial du bilan para-clinique.

3° Les déplacements de l'écho-médian, enfin, sont susceptibles de déceler un hématome post-opératoire, une poussée d'œdème et plus tard l'éventualité d'une récurrence.



CHAPITRE II

BASES THÉORIQUES DE L'ÉCHO-ENCÉPHALOGRAPHIE

I. — RAPPEL DE LA PHYSIQUE REGISSANT LES ULTRA-SONS.

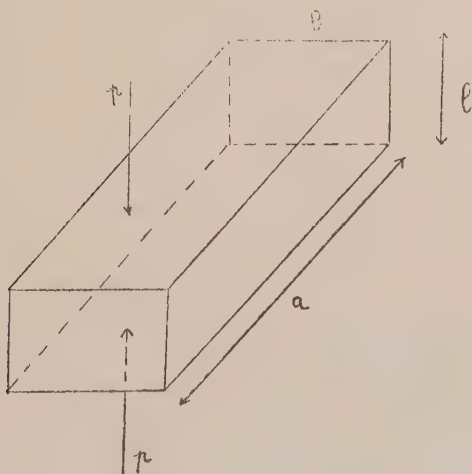
Définition :

Les ultra-sons sont des vibrations en milieu matériel dont la fréquence est supérieure à la fréquence limite perceptible par l'oreille humaine soit 16 à 17 KHz.

A. — RAPPEL DES RÉSULTATS DE LA THÉORIE DE L'ÉLASTICITÉ.

Considérons un solide isotrope de forme parallélépipédique rectangle, on applique une pression (p) sur deux faces opposées comme l'indique la figure, c'est-à-dire perpendiculairement aux faces, on a :

$$p = -E \frac{\Delta l}{l} \quad E \text{ étant le module d'Young.}$$



Cette déformation de « l » s'accompagne d'un accroissement des arêtes perpendiculaires « a et b » et en particulier on a :

$$\frac{\Delta a}{a} = -\sigma \frac{\Delta l}{l}$$

σ étant le coefficient de Poisson, compris entre 0,2 et 0,4.

Dans le cas d'une variation de section, on a :

$$\frac{\Delta S}{S} = 2 \frac{\Delta a}{a} = -2 \sigma \frac{\Delta l}{l}$$

Enfin dans le cas d'une variation de volume :

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{\Delta l}{l} + \frac{\Delta S}{S} = (1 - 2 \sigma) \frac{\Delta l}{l}$$

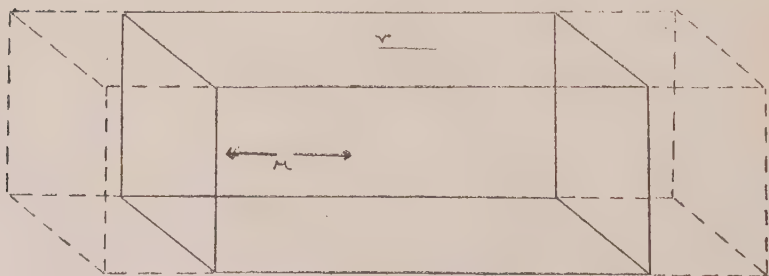
B. — GÉNÉRALITÉS SUR LES ONDES ULTRA-SONORES.

L'étude de la propagation des ondes dans un solide indéfini montre que l'état de vibration le plus général peut être considéré comme la superposition de deux types d'ondes : les ondes de dilatation et les ondes de rotation.

a) Les ondes de dilatation.

Le mouvement résulte d'une dilatation cubique de chaque élément de volume en l'absence de toute rotation d'ensemble. La vitesse « v » de propagation de ces ondes « vitesse de phase » dans un milieu solide indéfini de masse spécifique « φ » est :

$$v = \sqrt{\frac{\lambda + 2 \mu}{\varphi}} = \sqrt{\frac{E}{\varphi} \frac{1 - \sigma}{(1 + \sigma)(1 - 2 \sigma)}}$$



Les vitesses dépendent donc de la densité et des constantes élastiques du milieu (Voir tableau I).

TABLEAU I

Milieu	Température OC	Fréquence MC./S.	Vitesse du son m/sec.	Densité g/cm ³	Impédance acoustique g/cm ² /sec.
Eau	25	15	1495,6	0,997	1,49,10 ⁵
Solution saline	25	15	1504	1,005	1,511,10 ⁵
Tissu humain (tissu mou) .	37	2,5	1490-1610	1,06	1,58-1,70,10 ⁵
Valeur moyenne	37	2,5	1510	1,06	1,63,10 ⁵
Cerveau frais (chien) . . .	24	2,5	1515	1,028	1,56,10 ⁵
Cerveau frais (cochon, bœuf, cheval)	24	1,8	1560-1565	1,032	1,61,10 ⁵
Méninge	37	2,26	1540		
Tissu osseux		2,5	3380	1,8	6,1,10 ⁵
Tissu osseux		0,8	3360	1,85	6,2,10 ⁵
Carbonate de calcium . . .			3810	2,65	10,1,10 ⁵
Air	0		331	1,293,10 ⁻³	42,8

1° Quand on a à faire à des ondes planes, ces ondes de dilatation s'appellent ondes longitudinales (sens de μ).

2° Désignons par « μ » la vitesse de vibration d'un point matériel : cette vitesse est parallèle à la direction de propagation.

Ne pas confondre « μ », vitesse de vibration d'un point matériel et « v » vitesse de propagation des ondes sonores. On montre que l'amplitude correspondante de la pression est :

$$p = \varphi v U$$

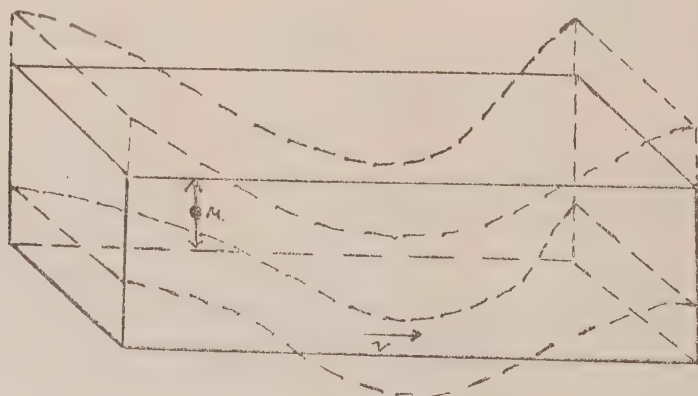
Dans le cas d'ondes planes, « U » étant l'amplitude de « μ » vitesse de vibration.

b) *Ondes de rotation.*

Le mouvement de chaque élément peut alors être considéré comme une simple rotation et une translation, mais il n'y a pas dilatation cubique de cet élément. La vitesse « v » de propagation des ondes dans un milieu indéfini est alors :

$$v = \sqrt{\frac{\mu}{\varphi}} = \sqrt{\frac{E}{\varphi} \cdot \frac{1}{2(1 + \sigma)}}$$

Remarque. — Dans le cas particulier d'ondes planes, ces ondes de rotation s'appellent ondes transversales « sens de μ » = sens de mouvement des particules.



c) *Ondes de surface ou de Rayleigh.*

Si une surface solide subit une excitation semblable à celle qui engendre les ondes de rotation, une onde peut se propager uniquement en surface. Ces ondes constituent des mouvements de particules à la fois longitudinaux et transversaux.

REMARQUES :

1° Les considérations précédentes s'appliquent à un solide indéfini, mais s'il s'agit au contraire d'une tige solide de dimension transversale faible, c'est-à-dire dont les dimensions latérales sont négligeables vis-à-vis de la longueur d'onde, l'effet traduit par le coefficient de Poisson.

$$\frac{\Delta a}{a} = - \sigma \frac{\Delta l}{l}$$

ne joue aucun rôle. Ceci revient à prendre $\sigma = 0$ et alors

$$v = \sqrt{\frac{E}{\varphi}}$$

2° Dans le *cas de liquide* ou de gaz, les ondes de rotation et en particulier les ondes transversales n'existent pas. En effet, aucune force dans un fluide empêche les plans parallèles et voisins de glisser les uns sur les autres, tandis que dans un solide on ne peut déplacer une section dans une direction donnée sans créer des déformations et des efforts dans d'autres directions.

Donc dans un milieu liquide les ondes seront de types longitudinales et comme du point de vue acoustique les tissus humains présentent les propriétés d'un liquide, on discutera ici surtout des propriétés des ondes longitudinales.

C. — PUISSANCE RAYONNÉE DANS UN FLUIDE.

Considérons une membrane vibrante en contact par une de ses faces avec un liquide ou un gaz. Soit φ la masse spécifique du fluide et « v » la vitesse de propagation des ondes élastiques.

On prendra une Section $S = 1$ et on se propose de chercher

la puissance rayonnée sous forme d'énergie potentielle et cinétique dans un cylindre de volume « V », on supposera en outre que le milieu n'est pas absorbant.

La loi du mouvement de la membrane est :

$$A = A_0 \cos \omega t$$

A = amplitude de déplacement des points matériels à la sortie de la membrane.

A₀ = amplitude du déplacement à l'entrée dans le milieu.

ω = pulsation

t = temps.

La loi du mouvement de la tranche de fluide comprise entre x et x + dx est de la forme $B = A_0 \cos \omega \left(t - \frac{x}{v} \right)$

cette tranche aura pour masse :

$$dm = \varphi dx$$

et pour vitesse de vibration :

$$\mu = \frac{db}{dt} = -A_0 \sin \omega \left(t - \frac{x}{v} \right)$$

soit $U^2 = A_0^2 \omega^2$ U = amplitude de vitesse de vibration.

au moment où la tranche passe par sa position d'équilibre son énergie potentielle est nulle et son énergie totale est égale à son énergie cinétique qui est :

$$dw = 1/2 (\varphi dx) A_0^2 \omega^2$$

La puissance cherchée est alors égale à :

$$P = \int_{x=0}^{x=v} dw \text{ puisque } S = 1 \text{ donc } P = \int_{x=0}^{x=v} 1/2 \varphi (A_0 \omega)^2 dx$$

Ce qui donne comme « v » (vitesse de propagation des ondes élastiques) = V (volume)

$$P = 1/2 \varphi V (A_0 \omega)^2 \text{ puisque } p = \text{pression} = \varphi vU$$

$$\text{Donc } P = 1/2 \frac{p^2}{\varphi v}$$

Ces formules mettent donc en évidence le terme φv qui est l'impédance acoustique (on dit aussi résistance) du milieu considéré : on la désignera par Z .

Citons un exemple pour fixer les idées : considérons un piston de 10 cm^2 de surface, vibrant à 300 KHz et émettant dans l'eau une puissance acoustique de 100 Watts , la vitesse « v » de propagation dans l'eau est de 1.490 mètres par seconde, correspondant à une longueur d'onde de $\lambda = 0,5 \text{ cm}$

$$P = 10 \text{ w/cm}^2 = 10^5 \frac{\text{w}}{\text{m}^2}$$

$$\text{d'où } A_0 = 0,2 \mu$$

$$p = 5,4 \text{ Atmosphère}$$

$$U = 37 \text{ cm/Se}$$

$$\text{« Accélération » } \Gamma = 7. 10^7 \text{ cm/s}^2$$

Ainsi 600.000 fois par seconde (2 fois « f ») une particule du milieu vibrant fluide s'écarte au maximum de $0,2$ micron de sa position d'équilibre avec une vitesse maximum au moment de son passage à sa position d'équilibre de $37 \text{ cm/par seconde}$, 300.000 fois par seconde, il se produit une surpression de $5,4$ atmosphère et de même 300.000 fois par seconde on a une dépression ou une traction de la même valeur.

Remarque importante :

Les amplitudes précédentes doivent être doublées en régime d'ondes stationnaires puisqu'on devra additionner les vibrations incidentes et réfléchies.

Le fait d'appliquer la formule :

$$p = \varphi v U$$

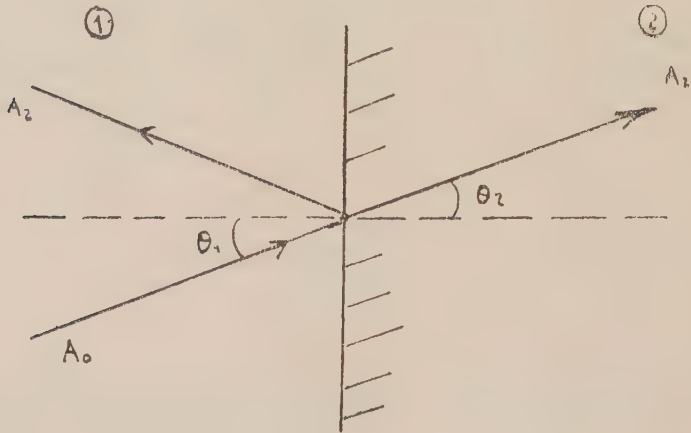
implique que l'on a affaire à des ondes planes. Si l'onde n'est pas plane (faisceaux convergent ou divergent) il y a des concentrations et des dispersions d'énergie provoquant des variations d'amplitude.

D. — RÉFLEXION ET RÉFRACTION DES ULTRA-SONS.

Lorsqu'une onde ultra-sonore se propage dans un matériau et tombe sur la surface de séparation de ce matériau avec un second milieu, une partie de l'énergie incidente est transmise dans

le deuxième milieu, une autre partie se trouve réfléchié dans le premier milieu avec généralement changement de phase.

a) *Réflexion.*



Pour une incidence normale ou quasi-normale, le rapport de l'amplitude de l'onde réfléchié et de l'amplitude « A_0 » de l'onde incidente est :

$$\frac{A_r}{A_0} = \frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2} = \frac{m - 1}{m + 1}$$

m étant le rapport des impédances acoustiques du milieu 1 par rapport au milieu 2

$$m = \frac{Z_1}{Z_2}$$

En particulier l'impédance ρv d'un liquide ou d'un solide est très supérieure à celle d'un gaz. Si le milieu 2 est un gaz « m » est

très grand, donc $\frac{A_r}{A_0}$ peu différent de 1.

Il y a donc pratiquement réflexion totale à la surface séparant un liquide ou un solide d'un gaz : si l'onde incidente provient du liquide ou du solide ; inversement : A_r est peu différent de zéro si les ultra-sons proviennent du gaz et entrent dans un liquide ou un solide.

L'énergie réfléchie est proportionnelle au « carré » de l'amplitude et on a :

$$\frac{E_r}{E_o} = \left(\frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2} \right)^2$$

b) Réfraction.

Les lois de Descartes

$$\frac{\sin \Theta_1}{\sin \Theta_2} = \frac{v_1}{v_2}$$

Θ_1 = angle d'incidence

Θ_2 = angle de réfraction

v_1 = vitesse du son dans le milieu 1

v_2 = vitesse du son dans le milieu 2

sont applicables et la principale conséquence réside dans la possibilité de concevoir des lentilles permettant de focaliser les ultra-sons. Les lentilles sont soit en métal, soit en matière plastique ou bien composées d'un liquide.

E. — PROPAGATION DES ULTRA-SONS.

Absorption.

L'étude de la puissance rayonnée a été faite en supposant le milieu non absorbant. En fait, tout milieu matériel dans lequel se propagent les ultra-sons, est plus ou moins absorbant.

Au cours de son trajet dans la matière, l'onde ultra-sonore incidente, perd de son énergie sous forme généralement de chaleur, par suite de la viscosité et des effets d'amortissement :

Si α est le coefficient d'absorption

A_o = l'amplitude de l'onde incidente

A_x = l'amplitude à la distance « x » on a :

$$A_x = A_o e^{-\alpha x}$$

et $P_x = P_o e^{-2\alpha x}$

On appelle « portée » du faisceau ultra-sonore, la distance « d » au bout de laquelle l'amplitude de l'onde incidente est réduite au 1/10 de sa valeur initiale.

Compte tenu de la formule précédente

$$d \text{ (mètre)} = \frac{1}{\alpha} \log 10 = \frac{2,3}{\alpha} \text{ car } \frac{A_d}{A_o} = \frac{1}{10}$$

On aura : $P_x = P_o e^{-2\alpha x}$

En fait les résultats expérimentaux ne sont pas conformes aux calculs théoriques des pertes : cependant, l'amortissement dépend essentiellement des forces de viscosité qui s'opposent au mouvement rapide des particules. Il dépend également de la perte de chaleur par conduction au cours des variations thermiques qui accompagnent les variations de pression.

STOKES et KIRCHOFF ont montré que le coefficient d'absorption est la somme de deux termes dont l'un provient de la viscosité et l'autre des pertes par conduction.

a) *Propagation dans les gaz.*

Dans ce cas « v » est pratiquement indépendant de la fréquence, alors α croît proportionnellement à f^2 et on a alors :

$$\frac{\alpha}{f^2} \simeq 2 \cdot 10^{-11} \text{ pour un gaz.}$$

Ainsi pour l'air $\alpha = 0,2$ à 100 KHz.

La portée est donc de $\frac{2,3}{\alpha} = 11,5 \text{ m.}$

Elle est de 11,5 mm à 1 MHz.

b) *Propagation dans les liquides.*

1° Comme pour les gaz « v » est indépendant de la fréquence et on a :

$$\frac{\alpha}{f^2} \simeq 10^{-13}$$

α est donc 100 fois plus faible que pour l'air et il en résulte que la portée sera plus grande.

Avec l'eau à 100 KHz : $\alpha = 0,5 \cdot 10^{-3}$

la portée est alors de 4.600 mètres, elle est de 46 mètres à 1 MHz.

2° Cependant dans l'emploi des ultra-sons ce qui importe

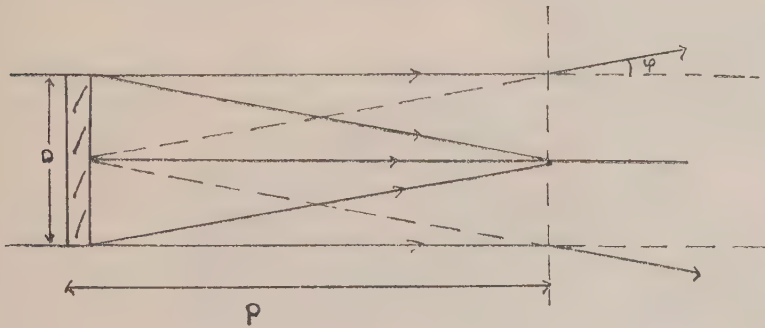
surtout c'est de réaliser un faisceau d'ultra-sons rectiligne pour être sûr d'atteindre de façon objective la surface à étudier.

Le faisceau ultra-sonore obéit au rapport de la longueur d'onde au diamètre de l'émetteur plan-circulaire D.

Le faisceau diverge d'un angle φ degré selon l'équation :

$$\sin \varphi = 1,22 \frac{\lambda}{D}$$

Dans le cas du faisceau d'ultra-sons, nous aurons 2 portions : une zone proche rectiligne et une zone lointaine où le faisceau s'ouvre suivant un angle de divergence φ .



La distance P de la zone proche est donnée par la formule :

$$P = \frac{D^2 - \lambda^2}{4 \lambda} \quad (\text{Huter et coll. 1951})$$

Le tableau suivant montre la distance des zones proches suivant les différentes valeurs de fréquence et pour des diamètres variables de l'émetteur plan, ainsi que l'angle de divergence dans la zone lointaine.

TABLEAU II. — (Emprunté à la thèse de J. SAIER, Marseille, 1964.)

Fréquence MC	Diamètre de l'émetteur en mm	Angle de divergence	Zone proche en mm
1	34	2,7	220
2	24	2,2	215
3	10	4,7	38
4	24	1	430

II. — APPLICATION DE CES LOIS A L'ETUDE DE L'ECHO-ENCEPHALOGRAPHIE.

Ces considérations physiques sur les ultra-sons nous permettent de fixer les conditions expérimentales dans lesquelles on pourra employer les ultra-sons pour le diagnostic médical.

1° Dans le cadre de l'écho-encéphalographie on se base sur la réflexion des ultra-sons à l'interface de deux milieux d'impédance acoustique différente.

Une partie des ultra-sons est alors réfléchi comme un écho. Cet écho sera reçu et enregistré : c'est la méthode de l'écho-encéphalographie.

2° Pour une application diagnostique, il faudra avoir un faisceau le plus rectiligne possible. Ceci sera obtenu soit en augmentant la fréquence, soit en augmentant le diamètre de l'émetteur comme nous l'avons vu.

3° Il faudra dans l'application des ultra-sons, veiller aux différences d'absorption de ceux-ci suivant les différents milieux.

Ainsi, chez le vieillard, l'absorption osseuse est si grande qu'il devient impossible d'obtenir l'écho-médian et il faut une sonde de fréquence de 1 mégacycle.

C'est l'inverse chez le nourrisson où l'absorption osseuse sera faible ; il est difficile d'individualiser l'écho-médian au sein des écho-parasites et il faudra une sonde de fréquence de 4 mégacycles.

4° Enfin, dans le choix de l'intensité des ultra-sons on sera limité par le risque de destruction des tissus. Cette destruction commencerait pour une valeur de l'intensité de 1 à 2 W/cm² pour un faisceau d'ultra-sons continu et 1 à 2 W/cm² d'intensité moyenne pour une émission pulsée. C'est une des raisons pour laquelle on emploiera des émissions d'ultra-sons par impulsions, ce qui permet d'accroître l'intensité du faisceau en laissant faibles les risques de destruction des tissus.

III. — REALISATION PRATIQUE DE L'EXAMEN.

L'appareil utilisé comporte un générateur électronique d'impulsions ultra-sonores émettant des trains d'ondes très brefs (de l'ordre de la micro-seconde) et assez espacés (de l'ordre de la milli-seconde).



Echo-Encéphalographe. Appareil « ECHOVAR »

La fréquence de l'appareil est de 1,5 mégacycles (ECHOVAR). Le caractère intermittent de l'émission limite comme nous l'avons vu, l'énergie dégagée, donc les risques de lésions.

Mais la fréquence de répétition est telle que l'on a l'impression d'une exploration continue.

L'inocuité de cette méthode est d'ailleurs confirmée par de nombreuses expérimentations chez l'animal avec contrôle histo-chimique et histologique.

La méthode permettant la production des ultra-sons se base sur l'effet piézo-électrique. Il repose sur les constatations suivantes : des cristaux de forme bien déterminée, quand ils sont placés dans un champ électrique, produisent des vibrations.

Aux fréquences du champ électrique correspondant aux fréquences de résonance du cristal, les vibrations augmentent d'amplitude et vont alors se propager dans le milieu ambiant.

Si l'on augmente encore la fréquence du champ, les vibrations prennent le caractère d'ultra-sons, c'est-à-dire qu'on arrive aux fréquences supérieures à 16 - 17 KHz.

Ainsi le générateur ultra-sonique est relié à une sonde piézo-électrique qui est un cristal de quartz qui joue le rôle d'émetteur et de récepteur.

L'utilisation de deux sondes symétriques assurant l'une l'émission, l'autre la réception serait préférable selon certains auteurs.

Entre l'extrémité de la sonde et le scalp, on place une substance de contact servant de lien acoustique et évitant ainsi la dispersion des ultra-sons dans l'air.

Un tube cathodique objective le temps mis pour recevoir les échos des impulsions ultra-soniques. Ce temps dépend de la distance qui sépare la sonde des structures qui donnent naissance aux échos. Les graduations inscrites sur l'écran permettent d'évaluer cette distance.

Enfin, pour pouvoir garder une image de ces échos et ainsi pouvoir suivre l'évolution du processus pathologique d'un sujet, il importe que ces échos figurent sur un document stable ; aussi l'image de l'écran cathodique est-elle photographiée par un appareil « Polaroid ».

Nous savons que nous avons avantage à utiliser un faisceau ultra-sonore aussi rectiligne que possible. Les conditions optima d'utilisation sont obtenues avec une sonde émettrice de 2 cm de

diamètre et de fréquence 1,5 mégacycle. Ce faisceau peut alors être considéré comme rectiligne sur une distance de 25 à 30 cm ; ceci est nettement supérieur au diamètre bitemporal.

La réflexion de l'écho ne peut apparaître sur l'écran que si l'incidence du rayon est strictement perpendiculaire à la structure qui sera responsable de l'écho.

En raison de la convexité de la boîte crânienne, l'examen de points symétriques du scalp s'avère nécessaire.

L'étude de l'appareillage étudié, il nous reste à voir la réalisation pratique de l'examen.

On applique la sonde génératrice d'ultra-sons au niveau du scalp selon une position standard.

Il convient de maintenir immobile la sonde pour obtenir une image stable des échos recueillis : la meilleure façon est alors de la tenir à la main et de l'appliquer sur le scalp car un casque ou un cadre ne peuvent donner une aussi bonne contention.

Pour des raisons de géométrie, c'est la direction bi-temporale qui est étudiée usuellement. JEPSSON précise que la région optimale se situe 4 cm au-dessus de l'oreille à un niveau où le faisceau doit rencontrer la grande pinéale. SUGAR et UEMATSU placent la sonde émettrice sur la verticale passant par le conduit auditif externe, 4 ou 5 cm au-dessus de lui et chez l'enfant à la même hauteur mais légèrement plus en avant.

La région postérieure temporo-pariétale est beaucoup moins intéressante à sonder : en effet, à ce niveau les ultra-sons se réfléchissent sur la faux du cerveau qui reste fixe comme cela est constaté au cours d'intervention pour lésions expansives hémisphériques.

Le sondage se fait donc dans une région élective ; c'est la zone de l'écaille temporale 2 à 5 cm au-dessus du conduit auditif externe, la sonde étant maintenue parfaitement immobile.

A partir de cette zone, il existe plusieurs méthodes de repérage des échos. Ainsi, on a une méthode simplifiée, employant une sonde à la fois émettrice et réceptrice et une méthode utilisant deux sondes, l'une émettrice l'autre réceptrice.

Etude de ces méthodes.

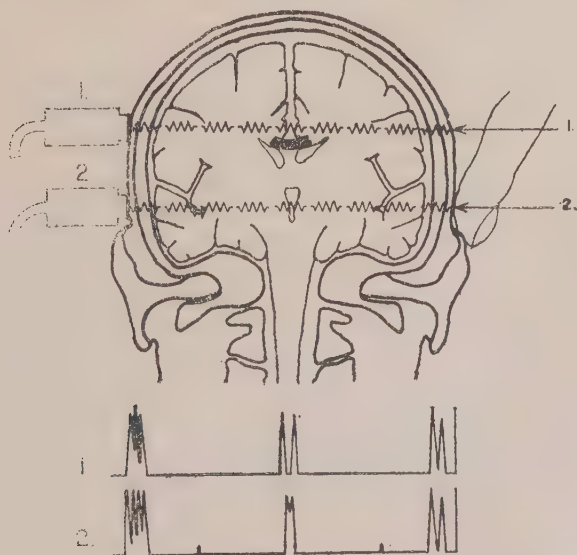
1° *La méthode simplifiée avec une seule sonde est celle qui a été employée.*

On commence par faire correspondre le complexe initial avec la graduation zéro de l'écran de l'oscilloscope. Puis, on obtient l'écho osseux contro-latéral provenant de la réflexion du faisceau ultra-sonore sur la surface crânienne opposée à la sonde émettrice : cet écho est nettement distant de l'écho cutané mais moins ample et moins large.

En faisant glisser alors un doigt sur la surface cutanée de cette région temporale opposée à la sonde, on obtient un nouvel écho « l'écho-frontière » instable sur l'écran de l'oscilloscope mais qui sert de repère terminal à amener exactement sur la dernière graduation de l'écran.

Ce repère acquis, l'orientation de la sonde doit rester stable jusqu'à ce qu'apparaisse l'écho-médian, ou M. Echo pour les anglo-saxons, qui se détache exactement sur la ligne médiane.

Cet écho-médian a une amplitude importante et une morphologie caractéristique. C'est d'abord un écho stable, ample, qui est parfois bifide ou même double. Il peut être accompagné de deux échos pulsants latéraux, symétriques et de faible amplitude

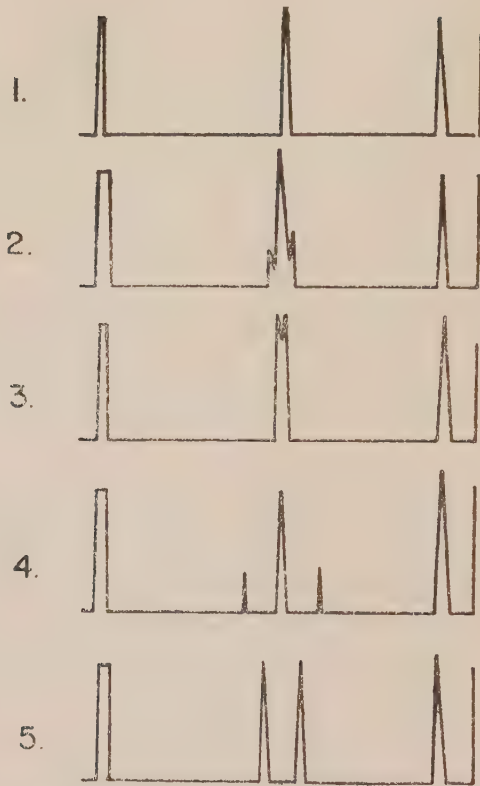


Corrélations anatomiques.

Deux aspects de l'échogramme normal en fonction de la position de la sonde au niveau de la région temporale.

Repérage des échos controlatéraux et en particulier de l'« écho-frontière » à l'aide d'un doigt placé du côté opposé.

(D'après Fischer et coll.).



Les cinq aspects possibles de l'échogramme normal.

1 : réflexion médiane simple 2 : écho-médian
flanqué de deux échos pulsatiles ; 3 : écho-
médian bifide ; 4 : échos pulsatiles distincts
de l'onde médiane ; 5 : écho-médian double.

(D'après Fischer et coll.).

Ces derniers sont alors inconstants et quand ils existent, ils sont souvent satellites de l'onde médiane ; parfois, au contraire, les deux échos pulsants symétriques sont légèrement plus proches de la paroi osseuse que de l'écho-médian.

En plus de ces échos stables, il existe tout une série d'écho-parasites, mais ces échos sont d'amplitude moindre et en jouant avec la sensibilité de l'appareil on peut les éliminer.

Ainsi se trouve réalisé l'échogramme normal avec ses trois échos principaux :

- complexe initial,
- écho-médian,
- complexe controlatéral.



Echogramme normal.

Un même cliché photographique permet de fixer l'image donnée par deux sondages symétriques droit et gauche.

2° *La méthode utilisant deux sondes* (l'une émettrice, l'autre réceptrice) est adoptée par de nombreux auteurs. Elle offre de nombreux avantages en particulier dans la détermination de l'écho-controlatéral.

CHAPITRE III

TECHNIQUE D'ENREGISTREMENT

La réalisation de l'examen écho-encéphalographique répond à sa définition de base : c'est un examen qui doit être simple et qui doit être réalisé rapidement.

En effet, le repérage, le contrôle controlatéral et la photographie, grâce à l'appareil polaroïd qui donne une photographie en dix secondes, sont réalisés en quelques minutes, surtout si le manipulateur a une certaine habitude de l'appareillage.

1^o REPÉRAGE DE L'ÉCHO-MÉDIAN :

a) *Généralités.*

La difficulté de repérage de l'écho-médian provient essentiellement des variations d'épaisseur et de densité de la paroi osseuse traversée. En effet, le faisceau ultra-sonore va subir des phénomènes d'absorption qui vont surtout être le fait de la traversée des parois osseuses.

La puissance acoustique diminue de façon considérable lorsque s'accroît l'absorption qui est vingt et une fois plus grande dans l'os que dans le tissu cérébral.

Ainsi, comme nous l'avons déjà vu chez le vieillard, l'absorption osseuse est si grande qu'il peut devenir impossible d'obtenir l'image de l'écho-médian, écho qui apparaîtra si l'on utilise une fréquence plus basse de 1 mégacycle.

Pour l'enfant cela sera le contraire ; comme l'absorption osseuse est très faible, il sera très difficile d'individualiser l'écho-médian au milieu des autres échos parasites et l'on a avantage à employer une sonde produisant un faisceau ultra-sonore de fréquence supérieure, sonde de « 4 mégacycles ».

La nature des structures responsables de l'écho-médian sera analysée dans le cadre de notre étude en fonction des données de l'artériographie, de l'électro-encéphalographie, de la gamma-encéphalographie et des données de l'observation chirurgicale ou anatomique ; de façon générale, nous pouvons retenir que l'écho-médian correspond à la réflexion de l'onde ultra-sonore sur les structures médianes du cerveau.

b) Déplacement de l'écho-médian.

Le véritable intérêt de l'écho-encéphalographie se trouve dans l'étude du déplacement de l'écho-médian car c'est le signe pathologique le plus riche d'enseignement pratique. Le déplacement permet de suspecter très fortement l'existence d'un déplacement des structures médianes du cerveau.

Etude de ce déplacement.

On apprécie ce déplacement sur l'écran cathodique ou surtout sur la photographie de l'écho-gramme donnée par l'appareil polaroid.

Le résultat de ce déplacement est donné en millimètres encéphaliques calculés à partir du diamètre bi-temporal mesuré à l'aide d'un pelvimètre.

Pendant la manipulation, on fait coïncider exactement l'écho-frontière « Ef » avec la graduation distale de l'écran, ceci sans se soucier de l'emplacement de l'écho osseux controlatéral « Eoc ».

La graduation médiane de l'écran peut alors être considérée comme la situation théorique de l'écho-médian.

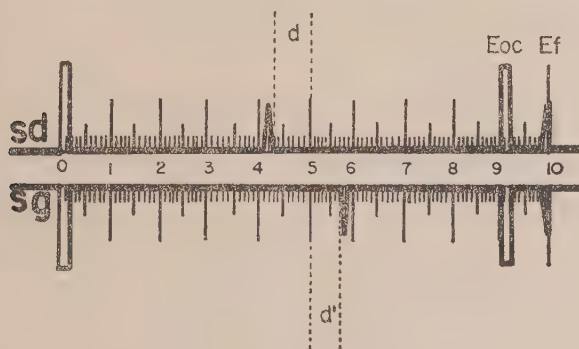
Ce repère étant alors acquis, on fait deux sondages symétriques pour vérifier que tout déplacement de la réflexion médiane est bien symétrique par rapport au milieu théorique et que les distances « d » et « d' » sont égales (« d » et « d' » sont les déplacements mesurés au cours des sondages droit et gauche). Le déplacement de l'écho se calcule par rapport au milieu de l'écran. Pour cela on apprécie le déplacement de l'écho-médian en comptant le nombre de graduations qui séparent la portion ascendante de la réflexion et la ligne médiane.

Comme on n'utilise qu'une seule sonde, la distance complexe initial « CI » — « écho-frontière » (Ef) correspond au temps mis

par les ultra-sons pour parcourir dans les deux sens le diamètre bi-temporal. Ainsi, si ce dernier mesure 15 cm, chaque graduation de l'appareil représentera :

$$\frac{150 \times 2}{100} = 3 \text{ mm de parcours encéphalique réel.}$$

Cette transcription en valeur réelle est nécessaire pour uniformiser les compte-rendus.



Calcul du déplacement de l'écho-médian.

d et d' : déplacements mesurés au cours des sondages droit (Sd) et gauche (Sg).

E O C : écho osseux controlatéral.

E f : « écho-frontière ».

(D'après Fischer et coll.).

Ce qui est important c'est que le déplacement correspondant, non pas à la distance séparant les deux images de l'écho-médian obtenues par les deux sondages symétriques droit et gauche, mais à cette distance divisée par deux, il représente alors la déviation de l'écho-médian par rapport à la ligne médiane théorique.

Ce déplacement comme nous l'avons vu sera donné en millimètres encéphaliques.

Dans notre étude, les résultats seront divisés en trois groupes :

- déplacement de l'écho-médian discret . . 2 à 4 mm,
- déplacement net 4 à 10 mm,
- déplacement important plus de 10 mm

Nous considérons l'écho-médian en place lorsque la déviation est inférieure à 2 mm, cette valeur étant compatible avec les variations individuelles et de légères asymétries de sondage.

2° LES ÉCHOS SUPPLÉMENTAIRES.

Enfin, il existe en plus des échos stables des échos supplémentaires qui sont extrêmement variables. Ceux-ci sont inconstants et leur individualisation est délicate ainsi que leur interprétation. Ainsi, on a décrit des échos multiples groupés en faisceaux, des échos uniques para-médians ou latéro-osseux.

La recherche de ces différents échos supplémentaires a été systématique dans ce travail et nous avons essayé de voir leurs corrélations avec l'étiologie selon l'histoire clinique qui avait conduit à pratiquer un échoencéphalogramme.

CHAPITRE IV

MATÉRIEL D'ÉTUDE

I. — *CONDITIONS D'EXAMEN.*

Le sondage a été effectué avec une seule sonde émettrice, réceptrice, travaillant sur une fréquence unique de 1,5 mégacycle. La sonde est appliquée dans la région temporale à 4 cm au-dessus de l'oreille sur la verticale passant par le conduit auditif externe, légèrement plus en avant chez l'enfant.

Les essais de sondage dans des directions différentes n'ont pas fourni d'informations supplémentaires.

II. — *PHENOMENES ETUDIES.*

1° Nous avons surtout étudié le déplacement de l'écho-médian.

Pour ce faire nous avons divisé tous les résultats en trois groupes : déplacement discret (2 à 4 mm), net (4 à 10 mm) et important (plus de 10 mm). A moins de 2 mm, cette valeur est compatible avec la variation individuelle.

2° Au cours de cette étude, les échos supplémentaires ont été particulièrement recherchés.

III. — *MATERIEL ETUDIÉ.*

En deux ans d'utilisation de l'écho-encéphalographie dans le service d'Electroencéphalographie de l'Hôpital Neurologique de Lyon, l'expérience de cette méthode a porté sur 1.500 examens.

Dans le travail ont été analysés de façon systématique les résultats de 1.000 examens pratiqués au cours de l'année 1965.

Tous ces résultats ont été confrontés avec les données cliniques, électro- et gamma-encéphalographiques, artério et pneumo-encéphalographiques, chirurgicales ou anatomiques.

Ces 1.000 examens se rapportent à 876 malades dont 811 adultes, 53 enfants âgés de 1 à 15 ans et 12 nourrissons.

Deux ou plusieurs sondages ont été ainsi effectués sur la même personne : c'est le cas de 99 malades. Ceci donnait 124 examens répartis en 81 contrôles post-opératoires et 43 bilans itératifs.

Dans le cadre de ces 1.000 sondages écho-encéphalographiques de nombreuses étiologies ont été rencontrées. Elles se répartissent ainsi :

— tumeurs	217
— traumatismes crâniens récents	215
— hématomes intracrâniens traumatiques	87
— accidents vasculaires cérébraux	186
— abcès	6
— affections neuropsychiatriques diverses	289

CHAPITRE V

RÉSULTATS

L'examen de ces 1.000 écho-encéphalogrammes nous a permis de nombreuses constatations. Nous commencerons par donner une étude globale de tous les résultats obtenus, puis nous analyserons ceux-ci. Enfin, nous ferons la critique de ces nombreux résultats.

1. — ETUDE GLOBALE DES RESULTATS OBTENUS.

1° *La déviation de l'écho-médian* est obtenue dans 248 sondages ; ils étaient en place dans 748 cas.

L'impossibilité d'isoler cet écho a rendu ininterprétable l'écho-gramme de 4 examens.

Cette déviation a été étudiée en fonction de son *importance*. En divisant arbitrairement ces déviations en trois groupes :

- déviation faible de 2 à 4 mm (58 cas),
- déviation moyenne de 4 à 10 mm (164 cas).

Ces déviations représentent les deux tiers des cas où l'on a obtenu un écho-médian déplacé :

- déviation forte plus de 10 mm (26 cas).

On a étudié aussi cette déviation en fonction de l'*étiologie*.

Ainsi nos résultats globaux sont ceux-ci.

a) *Groupe des tumeurs.*

— 217 examens nous avons :

1° écho-médian en place.	98
2° écho déplacé.	119

Dans ce groupe nous trouvons au point de vue répartition de ces déplacements :

D compris entre 2 - 4 mm	23 cas
D compris entre 4 - 7 mm	44 cas
D compris entre 7 - 10 mm	37 cas
D plus grand que 10 mm	15 cas

b) *Groupe des traumatismes crâniens récents :*

— 215 examens ont donné :

1° écho-médian en place	197
2° écho déplacés	18

La répartition des déplacements dans ce groupe est :

D entre 2 et 4 mm	10
D entre 4 et 7 mm	7
D entre 7 et 10 mm	1

Il n'a pas été trouvé de déplacements supérieurs à 10 mm.

c) *Groupe des hématomes intracrâniens post-traumatiques.*

— 87 examens effectués :

1° écho-médian en place	33
2° écho-médian dévié	54

Ici nous trouvons comme répartition :

D entre 2 et 4 mm	3
D entre 4 et 7 mm	26
D entre 7 et 10 mm	18
D plus grand que 10 mm	7

d) *Groupe des accidents vasculaires spontanés.*

— 186 examens :

1° écho-médian en place	149
2° écho déplacés	37

comprenant :

D entre 2 - 4 mm	12
D entre 4 - 7 mm	15
D entre 7 - 10 mm	8
D supérieur à 10 mm	2

e) *Groupe des abcès.*

— 6 examens se subdivisant en :

1 ^o écho-médian en place	2
2 ^o écho-médian déplacé	4

ceux-ci comprenant :

D entre 2 - 4 mm	1
D entre 4 - 7 mm	2
D entre 7 - 10 mm	1

On ne trouve pas dans ce petit groupe de déviation supérieure à 10 mm.

f) *Groupe des affections neurologiques diverses.*

— 289 examens. On a :

1 ^o écho-médian en place	273
2 ^o écho-médian déplacés	16

Cette partie se divise en :

D compris entre 2 - 4 mm	9
D compris entre 4 - 7 mm	3
D compris entre 7 - 10 mm	2
D supérieur à 10 mm	2

g) Au total des 1.000 examens on aura :

1 ^o écho en place	752
2 ^o écho déplacés	248

Ce qui donne comme divers déplacements :

D entre 2 - 4 mm	58
D entre 4 - 7 mm	97
D entre 7 - 10 mm	67
D supérieur à 10 mm	26

Ces différents résultats ont été transcrits dans un tableau récapitulatif.

2° *Echos supplémentaires.* — La recherche des échos supplémentaires a été systématique ; elle a été retrouvée 42 fois dans cette série.

Ces échos supplémentaires ont correspondu 20 fois à un hémato-me et 13 fois à des tumeurs. Pour le reste, soit 9 cas, aucune formation pathologique n'a pu être décelée.

TABLEAU RÉCAPITULATIF
DES RÉSULTATS DE 1.000 EXAMENS ÉCHO-ENCÉPHALOGRAPHIQUES

D = Déplacement de l'écho-médian	D = 0	D +	D en mm			
			2-4	4-7	7-10	> 10
217 Tumeurs	98	119	23	44	37	15
215 Traumatismes crâniens récents	197	18	10	7	1	0
87 Hématomes intracrâniens post-traumat.	33	54	3	26	18	7
186 Accidents vasculaires spontanés . . .	149	37	12	15	8	2
6 Abscès	2	4	1	2	1	0
289 Affections neurologiques diverses . . .	273	16	9	3	2	2
TOTAL (1.000)	752	248	58	97	67	26

II. — ANALYSE DE CES RESULTATS.

Tous ces résultats ont été confrontés avec les données des différents examens para-cliniques employés en neurologie : « Voir feuille d'observation utilisée à l'Hôpital Neurologique de Lyon où sont inscrits les résultats de l'écho-encéphalogramme et des autres méthodes d'investigation pratiquées en neurologie.

- 965 électroencéphalogrammes,
- 128 gamma-encéphalogies,
- 503 artériographies carotidiennes,
- 41 examens de contrastes intraventriculaires.

HOSPICES CIVILS DE LYON

HOPITAL NEUROLOGIQUE

DIAGNOSTIC :

ECHO n°	
PHOTO	
DATE	
E. E. G. n°	

NOM : Prénom : Age : Sexe :

Service de M. le Pr. : Etage :

<u>Résumé clinique :</u>	<u>ECHO E. G.</u>
<u>E. E. G. le :</u>	
<u>Artério côté :</u> <u>Date :</u>	
<u>P. E. G. le :</u>	
<u>Ventriculo le :</u>	
<u>GAMMA le :</u>	
<u>Intervention le :</u>	
<u>Evolution clinique :</u>	<u>RÉSULTAT :</u> <u>CONCORDANT :</u> <u>DISCORDANT AVEC :</u>

Ces examens ont été complétés par les données de l'intervention pour 204 malades et de l'autopsie pour 9 patients.

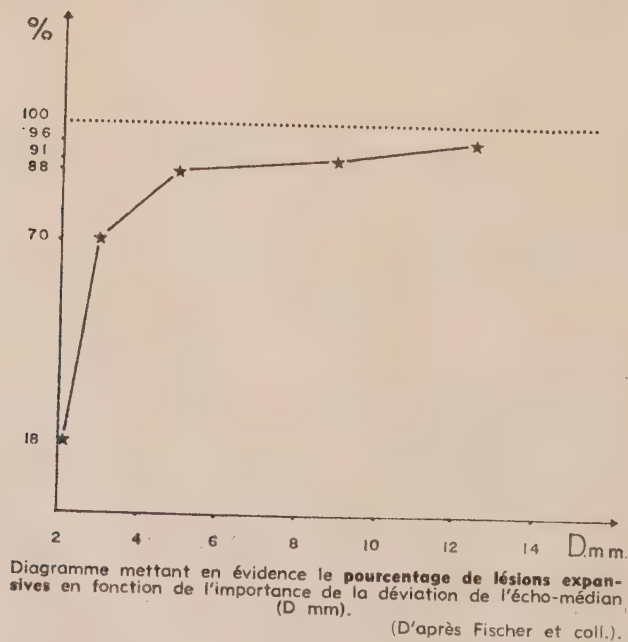
Nous avons vu ainsi que la déviation de l'écho-médian dépend de plusieurs facteurs qui sont :

- nature et volume de la lésion expansive,
- localisation du processus expansif,
- topographie de la lésion.

1° *La nature et le volume* de la lésion sont au premier plan. On constate qu'une forte proportion d'écho-médian déplacés (deux tiers environ) est fournie par les tumeurs cérébrales (119 sur 217), puis les hématomes (54 sur 87) et enfin les abcès (4 sur 6).

2° *La localisation* influe également sur les résultats. Ainsi pour les tumeurs en particulier, la déviation de l'écho-médian est trouvée 4 fois sur 5 dans le cas de tumeur temporale (49 cas sur 63), 2 fois sur 3 dans le cas de localisation frontale (37 cas sur 57).

3° *La topographie* de la lésion dépend également de l'importance du déplacement de l'écho-médian. Sur 98 cas de tumeurs qui s'accompagnent d'une déviation de plus de 4 mm, on trouve une nette prépondérance des tumeurs temporales (44 cas).



Pour les autres tumeurs on trouve :

— néo-formations frontales	27 cas
— néo-formations pariéto-rolandiques.	9 cas
— néo-formations occipitales	7 cas
— néo-formation parasagittale	1 cas
— néo-formation hypophysaire	1 cas

Ainsi les chances de mettre en évidence une lésion expansive augmentent avec l'importance de la déviation de l'écho-médian (diagramme mettant en évidence le pourcentage de lésions expansives en fonction du déplacement).

III. — ETUDE CRITIQUE DES DIFFERENTS RESULTATS OBTENUS.

L'étude critique des résultats de ce travail portera sur les deux plus importants renseignements fournis par l'écho-encéphalographie : c'est-à-dire la situation de l'écho-médian et les échos supplémentaires.

A. ETUDE DE L'ÉCHO-MÉDIAN.

1^o *Pourcentage d'erreurs.*

Il est faible 1,5 %. En effet, on trouve 15 erreurs ainsi réparties :

- erreurs de manipulation 3,
- erreurs par défaut 8, comprenant 4 cas d'hématome sous-dural, 4 cas de tumeurs cérébrales : dans ces différents cas l'écho-médian était en place alors que l'artériographie montrait un engagement artériel et veineux ;
- erreurs par excès 4, une déviation de plus de 4 mm ne fut pas confirmée par les examens artériographiques et pneumo-encéphalographiques.

2^o Dans certains cas il existait une discordance qui était liée à la place chronologique de l'écho-encéphalographie par rapport aux examens électro-encéphalographiques et artériographiques.

Les discordances ont été redressées ou évitées par la pratique d'un nouvel échogramme devant une modification du tableau clinique.

3° Discordance écho-clinique.

Dans 64 cas nous avons observé une discordance écho-clinique, ce qui correspond à une proportion de 6,5 % de lésions expansives échappant ainsi à l'écho-encéphalographie.

Nous avons observé cette discordance dans 40 cas de tumeurs, 1 cas d'abcès et 23 cas d'hématomes intracrâniens. Le sondage montrait un écho-médian en place.

ERREURS ET DISCORDANCES ÉCHOCLINIQUES 1.000 examens

	Pas d'engagement ni artériel ni veineux	Engagement artériel angle veineux en place	
64 discordances écho-cliniques	38 cas	26 cas	
	Par excès	Par défaut	D. inver.
15 erreurs	4	8	3

Les discordances écho-cliniques correspondent aux cas où l'écho médian est en place, alors qu'il existe sur les artériographies une image de lésion expansive sans engagement (38) ou avec engagement artériel seul (26). Dans tous les cas la veine de Galien est en place.

Cette discordance n'est pas due aux erreurs que nous avons signalées plus haut ; elle provient de l'insuffisance de la méthode car ces formations expansives auraient dû dévier l'écho-médian. Par définition l'écho des structures médianes est déplacé par toutes lésions expansives ou atrophiques provoquant une asymétrie entre les deux hémisphères et un engagement des structures médianes.

Cette faiblesse de la méthode est très importante et mérite que l'on s'y attarde.

a) Echo-médian en place et absence d'image d'engagement sur les artériographies carotidiennes.

Nous trouvons ce fait dans le cas des hématomes sous-duraux

bilatéraux. Cela n'est pas étonnant car il n'y a pas de déviation des structures médianes du cerveau. Il en fut ainsi dans les dix cas d'hématomes sous-duraux bilatéraux explorés.

Il en est de même pour certaines lésions cérébrales habituellement polaires (28 cas dont 20 tumeurs frontales). L'artériographie carotidienne n'a révélé aucun engagement artériel sur les clichés de face et dans les quelques cas où une encéphalographie gazeuse a été faite, elle a montré un troisième ventricule parfaitement médian.

Cependant ces quelques cas ne représentent pas la totalité des lésions qui échappent à l'écho-encéphalographie. En effet, ils n'intéressent que 38 examens sur 64.

b) Echo-médian en place et engagement artériel sur l'artériographie carotidienne.

Les 26 cas restants comprennent :

- 16 tumeurs,
- 1 abcès,
- 9 hématomes.

et correspondent à des lésions volumineuses avec engagement de la cérébrale antérieure sur les clichés angiographiques de face.

Dans ces cas l'écho-médian était en place.

En ce qui concerne les néo-formations nous retrouvons l'importance de la localisation dans cette absence de déplacement de l'écho-médian. Ainsi nous retrouvons l'énorme prédominance des lésions frontales (13 tumeurs, 1 abcès) par rapport aux autres localisations (2 tumeurs temporales et 1 méningiome parasagittale).

A l'inverse les neuf hématomes sont tous intratemporaux (4 traumatiques et 4 spontanés).

Un examen plus attentif des sériographies de face de ces 26 malades nous a permis un certain nombre de constatations. Tous présentaient un engagement artériel antérieur très important atteignant 16 à 20 mm dans certains cas ; par contre, aucun d'eux ne présentait d'engagement veineux postérieur, la veine de Galien étant pratiquement en place.

Cette remarque nous paraît intéressante pour préciser les limites de l'examen écho-encéphalographique dans le diagnostic des lésions frontales et temporales antérieures.

c) Par ailleurs nous avons trouvé une déviation de l'écho-médian dans le cas des tumeurs temporales postérieures qui s'accompagnent d'un engagement veineux sans engagement artériel.

Ce fait est révélé par 5 observations particulièrement démonstratives. Elles concernent 5 opérés pour tumeurs malignes sus-tensorielles postérieures. Dans ces cas l'écho-médian est dévié respectivement de 7, 15, 10, 7, 9 mm.

L'engagement de la veine de Galien se trouvait être proportionnel à la déviation de l'écho-médian, alors que la cérébrale antérieure était strictement en place.

Dans le même ordre d'idées la déviation souvent faible (moins de 4 mm) accompagnant les lésions intrafrontales correspond à la discrétion de l'engagement veineux.

Il est cependant possible que la correspondance quantitative entre l'importance de la déviation de l'écho-médian et celle de l'engagement veineux postérieur ne soit pas stricte. Cette divergence relative nous paraît peu fréquente (8 cas) et de peu d'importance pratique, puisque le sondage fournit correctement le sens de l'engagement.

Ces faits enseignent que l'écho-encéphalographie permet de dépister électivement les lésions expansives temporales postérieures.

L'application de la sonde ultra-sonore au lieu d'élection, à 4 cm au-dessus du conduit auditif externe, fournit un écho des structures médianes dont le déplacement est proportionnel à l'engagement de la veine de Galien sur les artériographies de face.

Cette conclusion qui a le mérite d'avoir un certain intérêt pratique vient à l'appui de l'hypothèse qui fait du troisième ventricule la formation responsable de l'écho-médian.

Notre série nous a permis de recueillir d'autres arguments qui sont à verser dans cette discussion.

Les produits de contraste intraventriculaires ont objectivé chez 9 malades une déviation du 3^e ventricule qui s'accompagnait dans tous les cas, d'une déviation nette de l'écho-médian.

Après hémisphérectomie interthalamocaudée (2 cas) les deux sondages symétriques révèlent que l'écho-médian est identique à celui obtenu avant l'intervention.

Le sondage du côté opposé offre cependant des échos parasites

très nombreux, plus difficiles à effacer que ceux observés après toute autre intervention.

d) Ces quelques observations nous amènent à dire quelques mots sur les travaux qui ont été consacrés à l'étude des structures responsables de l'écho-médian.

LEKSELL considéra tout d'abord l'épiphyse comme responsable de l'écho.

Pour DE VLIETTER et RIDELL, c'était la scissure longitudinale.

Pour GORDON, le *septum lucidum* et le 3^e ventricule sont à l'origine de l'écho-médian.

Une expérimentation (citée par SAIER dans sa thèse, 1964) a été consacrée aux structures responsables de l'écho-médian par B. LITHANDER à la Clinique Neurologique de Stockholm. Cette expérimentation semble concilier les opinions de ces divers auteurs.

LITHANDER se sert d'un cadavre dont la voûte crânienne a été enlevée et le principe consiste à faire coïncider l'écho induit par l'introduction d'une aiguille d'acier avec l'écho produit par les différentes structures médianes du cerveau.

Une fois l'aiguille fixée dans le cerveau, l'auteur sonde normalement le cerveau du sujet. Ainsi en plaçant successivement l'aiguille dans la matière cérébrale, il repère 4 formations :

- 1^o La scissure longitudinale,
- 2^o Le *septum lucidum*,
- 3^o L'épiphyse,
- 4^o Le 3^e ventricule.

Pour permettre d'obtenir une bonne expérimentation il utilise un ensemble comprenant :

- un système de rails permettant de déplacer le cerveau dans le plan vertical antéro-postérieur ;
- faisceau d'ultra-sons très focalisé.

Trois formations sont de cette façon trouvées à la base de l'écho-médian :

- le *septum lucidum*,
- le 3^e ventricule,
- le pont et l'aqueduc de Sylvius.

Enfin, pour vérifier la conception de LEKSELL au sujet du rôle

de l'épiphyse dans la genèse de l'écho-médian, une expérimentation spéciale a été effectuée.

1^o Sur un crâne d'épaisseur normale et dont l'épiphyse n'est pas calcifiée, il enlève l'épiphyse et n'obtient pas d'écho-médian, puis il la remplace par une aiguille métallique et voit alors apparaître l'écho-médian.

Dans une expérience inverse, il met à nouveau en place l'épiphyse mais n'obtient pas d'écho-médian. Il n'en obtient pas davantage avec une autre épiphyse calcifiée.

2^o Sur un crâne dont l'os est très mince, il enlève l'épiphyse et n'obtient pas d'écho-médian. En la remplaçant par l'aiguille d'acier, l'écho-médian apparaît.

Il enlève l'aiguille et remet l'épiphyse : pas d'écho-médian. Mais en remettant une épiphyse calcifiée l'écho-médian apparaît. Donc l'épiphyse n'aurait un rôle dans la formation de l'écho-médian que si elle est calcifiée et si l'os du crâne est très mince.

EN CONCLUSION :

Il ne semble pas exister une seule structure responsable de l'écho-médian, mais plusieurs formations auxquelles nous donnons le nom de structures médianes du cerveau.

Depuis ce travail et les études de différents auteurs qui se sont attachés à préciser la structure génératrice de l'écho-médian, nous pouvons dire que la déviation de l'écho-médian est la conséquence et le reflet d'une asymétrie entre les deux hémisphères et plus précisément du déplacement de l'axe ventriculaire médian.

Ainsi la traduction écho-encéphalographique d'une lésion expansive ne dépend pas directement de son étiologie et fournit peu de renseignements sur sa localisation. La simplicité de la méthode n'est donc qu'apparente. Ce n'est qu'avec une certaine habitude et la pratique d'un nombre important de sondages que les principaux écueils techniques sont éliminés et que les résultats sont réellement profitables.

B. — LES ÉCHOS SUPPLÉMENTAIRES.

Le problème de la détection et de la signification des échos supplémentaires reste actuellement très débattu.

Dès les premiers travaux lyonnais sur l'écho-encéphalographie, ce problème avait été soulevé.

Ainsi G. FISCHER et collaborateurs écrivaient en janvier 1965 :

« Le nombre et la forme des échos supplémentaires sont variables, leur individualisation est délicate et leur interprétation ne peut se faire qu'en corrélation étroite avec les autres examens cliniques et para-cliniques.

« La signification de ces échos additifs apparaît *a priori* sujette à caution et leur recherche ne revêt pas le même intérêt pratique et immédiat que la détermination de la situation de l'écho-médian. »

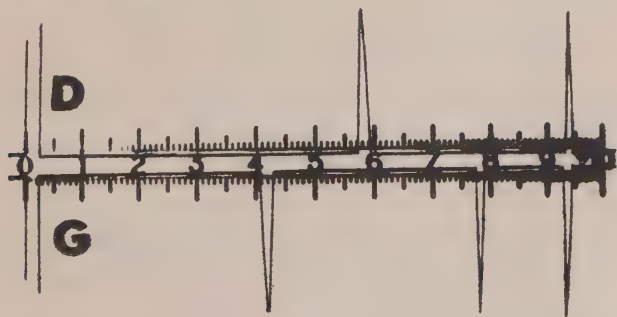
Avant d'entreprendre l'étude de ces échos supplémentaires, il serait intéressant de les classer. On trouve :

Des échos supplémentaires uniques, para-médian ou latéro-osseux, nettement distincts des trois échos habituels.

Du fait de leur localisation et de la façon inconstante dont on les rencontre, de nombreux auteurs n'en tiennent pas compte, préférant limiter le champ de la méthode à la détection de l'écho-médian plutôt que de l'exposer à un risque d'erreurs accru. Cela enlève à la méthode son caractère de simplicité et de rapidité dans l'information clinique.

A l'inverse, d'autres auteurs se sont surtout attachés à l'étude de ces échos supplémentaires, en particulier les Japonais qui recherchent les échos multiples pour le diagnostic des tumeurs thalamiques et surtout des hématomes intracérébraux.

Ils ont montré que ces échos multiples sont observés électivement au niveau des caillots d'un hématome et ils rendent ainsi possible la distinction entre hématome et accident vasculaire non collecté, que l'écho-médian soit dévié ou non.



Hématome sous-dural chronique post-traumatique droit. Déviation de l'écho-médian de 12 mm de la droite vers la gauche, associée à une image d'écho supplémentaire juxta-osseux droit situé à 22 mm de l'écho osseux controlatéral.

(D'après Fischer et coll.).

Notre expérience sur les échos supplémentaires porte sur 42 sondages. Ils correspondaient dans 33 cas à une lésion expansive. Mais dans les 9 cas restants, aucune formation pathologique n'a été reconnue à l'origine des réflexions additives observées.

1^o *La recherche d'échos multiples* d'origine tumorale ou vasculaire ne nous a pas fourni d'indications utiles.

Les échos supplémentaires para-médians nous paraissent particulièrement difficiles à isoler des échos supplémentaires physiologiques d'origine ventriculaire ou de certains artéfacts.

2^o *La recherche des échos latéraux juxta-osseux* est plus intéressante, car elle permettrait de suspecter un hématome extra- ou



Hématome sous-dural chronique post-traumatique droit (même malade). Artériographie carotidienne : temps artériel de face.
(D'après Fischer et coll.).

sous-dural. Cependant cette étude comme tout ce qui concerne les échos supplémentaires est encore bien décevante puisque 20 % seulement des hématomes sous-duraux ont donné lieu à un écho supplémentaire au sondage controlatéral (14 cas sur 72).

Deux cas sont à dissocier.

L'écho supplémentaire juxta-osseux avec écho-médian déplacé et écho supplémentaire juxta-osseux avec écho-médian en place.

a) Echo supplémentaire associé à un déplacement de l'écho-médian. Ce fait indique chez l'adulte qu'il s'agit habituellement d'un hématome sous-dural chronique.

En effet, nous n'avons jamais observé de semblables déflexions additives dans les hématomes aigus, si bien qu'un écho supplémentaire juxta-osseux associé à un déplacement de l'écho-médian permet d'évoquer la présence d'un hématome sous-dural chronique (7 cas).

b) Un écho supplémentaire juxta-osseux associé à un écho-médian en place, quel que soit l'âge du sujet, évoque l'hématome sous-dural bilatéral. Nous avons trouvé ce fait dans 7 cas (2 adultes et 5 nourrissons).

Au sujet de cette constatation, nous avons à décrire deux aspects particuliers.

1° Soit un seul écho supplémentaire du côté de l'hématome le plus volumineux (2 cas chez l'adulte).

2° Soit un écho supplémentaire bilatéral chez le nourrisson. Ce fait présente un grand intérêt. Nous avons pu ainsi à cinq reprises évoquer le diagnostic d'hématome sous-dural bilatéral, diagnostic confirmé par la ponction de l'espace sous-dural alors que l'E.E.G. montrait des anomalies diffuses.

c) Plusieurs hypothèses sont à l'origine semble-t-il de la formation de l'écho supplémentaire juxta-osseux.

1° Soit une dure-mère écartée de la surface osseuse (2 cas d'hématome extra-dural post-traumatique et un cas d'hématome extra-dural post-opératoire après hémisphérectomie).

2° Soit la poche d'un hématome sous-dural (14 cas). Cependant cette dernière hypothèse n'explique pas la persistance de l'écho-supplémentaire après exérèse de la poche (2 cas chez le nourrisson).

En pratique « l'écho » de la poche d'hématome très inconstant est reconnu à plusieurs critères.



Hématome sous-dural chronique post-traumatique droit (même malade). Artériographie carotidienne : temps veineux de face montrant la correspondance d'une part entre la déviation de l'écho-médian et l'engagement de l'ampoule de Galien, et d'autre part entre la limite du décollement avasculaire et l'écho supplémentaire juxta-osseux ou « écho de poche d'hématome ».

(D'après Fischer et coll.).

— C'est un accident pointu, unique et bref, que nous avons observé à une distance de 13 à 27 mm de la portion initiale du complexe « écho osseux controlatéral ».

— C'est un écho stable, de grande amplitude, retrouvé à plusieurs sondages successifs.

Ce sont ces constatations qui permettent de le distinguer d'autres

échos, en particulier des échos pulsants physiologiques et des échos instables ou inconstants, et des artéfacts.

Quant aux échos de parois ventriculaires, de morphologie et d'amplitude identique ils se situent habituellement plus près de la ligne médiane et ils sont pulsatiles.

Il existe d'autres échos supplémentaires qui sont moins spécifiques et qui sont observés dans les kystes porencéphaliques et dans certains cas de tumeurs ou d'hématomes intracérébraux. Mais ces quelques observations ne nous permettent pas de faire avancer le diagnostic de ces sortes d'échos.

Nous avons trouvé aussi des échos supplémentaires dans le groupe des hydrocéphalies et ici le fait intéressant est la difficulté de discuter de cette sorte d'écho.

En effet, chez les malades porteurs d'une grande hydrocéphalie avec dilatation symétrique des cavités ventriculaires, l'examen met en évidence de part et d'autre de la ligne médiane un ou deux échos qui correspondent aux parois ventriculaires.

Lorsque l'hydrocéphalie est asymétrique avec attraction latérale de tout le système ventriculaire, les échos se télescopent et alors, très souvent, on ne peut plus faire la distinction entre un écho-médian très déplacé et un écho de paroi très symétrique.

Enfin, dans 9 des 42 échos supplémentaires, aucune formation pathologique expansive ou atrophique n'a été trouvée.

3° L'écho-médian double.

Le problème de l'écho-médian double se rapproche par plusieurs points de celui des échos supplémentaires, car il pourrait y avoir parfois confusion entre ces deux sortes d'échos, mais ce risque d'erreurs est faible pour un manipulateur entraîné.

Dans quelle circonstance trouve-t-on d'abord cet écho-double ?

1° Chez les sujets normaux il est retrouvé avec une certaine fréquence. Cependant dans ce cas particulier l'écart séparant les deux déflexions constitutives de l'écho-médian ne dépasse guère 4 à 6 mm.

2° Chez les sujets porteurs d'un pinéalome et dans les quelques cas où il existe un blocage complet du IV^e ventricule par lésion de la fosse cérébrale postérieure, on observe un écho-médian double de caractère particulier.

Les deux déflexions qui le constituent sont alors séparées par

un espace beaucoup plus important de l'ordre de 8 à 15 mm. Cet écho double, est retrouvé de façon symétrique aux deux sondages et il est habituellement en place.

Cet écho double qui a été ainsi retrouvé dans 3 cas de pinéalome sur 6 et dans 2 sondages de tumeur de la fosse cérébrale postérieure sur 9, semble correspondre à une dilatation du 3^e ventricule.

C. — EVOLUTION DES ÉCHOS.

1^o En se servant de l'écho-encéphalographie comme examen post-opératoire, nous avons ainsi été amenés à faire un certain nombre de constatations en suivant l'évolution de l'écho-médian.

a) Dans les suites opératoires d'un hématome sous-dural, la déviation de l'écho-médian ne subit pas de modifications avant le dixième jour. Sa diminution s'amorce à ce moment mais à la fin du premier mois elle est encore égale à la moitié du déplacement initial, du moins lorsque celui-ci avait atteint 7 mm ou plus. Cette persistance d'une déviation de l'écho-médian s'accompagne cependant d'un retour à la normale de l'électro-encéphalogramme.

En règle générale, le retour de l'écho-médian à sa place ne se produit qu'au cours du deuxième ou du troisième mois.

b) Dans les suites opératoires pour tumeur, dont l'exérèse a été complète, le délai de disparition de déplacement de l'écho-médian est identique.

On peut dire qu'il n'est possible d'interpréter un déplacement de l'écho-médian dans les suites opératoires comme un signe de récurrence que lorsqu'un examen a été pratiqué peu de temps après l'intervention ; seul cet examen pourra servir de référence.

c) Augmentation de la déviation de l'écho-médian dans les suites opératoires.

D'une manière générale, une telle augmentation, suivant son importance dans les suites opératoires immédiates, peut faire penser à plusieurs causes.

— S'il s'agit d'une augmentation faible, elle peut relever d'un œdème post-opératoire (8 cas).

— Si la déviation est plus importante (plus de 4 mm), elle permet de suspecter un hématome, sans pour cela nous en indiquer le siège. Ceci a été retrouvé dans 7 cas.

2° Etude de la disparition des échos supplémentaires d'origine pathologique indiscutable.

Cette disparition de même est très lente. Ainsi dans 2 cas d'hématomes sous-dural chronique, nous les avons retrouvés identiques un mois après l'intervention.

CHAPITRE VI

VALEUR DIAGNOSTIQUE DE L'ÉCHO-ENCÉPHALOGRAPHIE

La valeur au point de vue diagnostique de l'écho-encéphalographie peut être interprétée à partir de deux données :

- en fonction de la clinique,
- en fonction des autres examens para-cliniques employés en pratique neurologique.

I. — *CORRELATIONS ECHO-CLINIQUES.*

En règle générale, nous pouvons dégager en premier lieu une série de constatations se basant sur l'importance du déplacement de l'écho-médian. Ainsi :

— les déviations inférieures à 4 mm qui ne peuvent faire éliminer une lésion polaire, fournissent l'indication du côté de l'artériographie carotidienne dont l'urgence est appréciée en fonction de l'état clinique du malade ;

— les déviations de 4 à 7 mm sont provoquées par une lésion expansive cérébrale dans 88 % des cas et celles de 7 à 10 mm dans 91 % des cas ;

— les déviations de plus de 10 mm correspondent habituellement à un hématome sous-dural ou à une tumeur temporale.

Donc en pratique la déviation de l'écho-médian indique le côté où doit être pratiquée l'artériographie. Dans le cas de déviations supérieures à 10 mm, l'écho-encéphalographie permet déjà un diagnostic plus précis puisqu'en pratique il s'agit d'un hématome sous-dural ou d'une tumeur temporale.

1° Etude de l'évolution progressivement croissante de l'écho-médian.

L'évolution de l'écho-médian à plusieurs examens est en faveur d'une lésion profonde, occupant le carrefour, processus parfois peu visible sur les artériographies.

Dans 3 cas de tumeur profonde chez l'adulte on a pu de la sorte dépister rapidement l'existence de ces lésions et en apprécier l'évolution. Le délai entre le premier écho-encéphalogramme significatif et la mise en évidence du processus expansif par les autres examens para-cliniques fut respectivement de trois mois, six mois et un an dans ces trois dernières observations.

Un cas a été particulièrement démonstratif. En effet, la déviation initiale de l'écho-médian de 4 mm était le seul examen para-clinique perturbé. C'est devant un accroissement des troubles de la conscience qu'une artériographie carotidienne fut pratiquée et montra un engagement net de la veine de Galien qui était équivalent à la nouvelle déviation de l'écho-médian, c'est-à-dire 6 mm.

Mais ce n'est qu'après un troisième bilan complet que la déviation de l'écho-médian a pu être rattachée à une étiologie tumorale profonde : les anomalies de l'électro-encéphalographie, foyer localisé à la gamma-encéphalographie et image artériographique. Une autre observation est fournie par celle d'un enfant de 5 ans porteur d'un hydrome sous-dural post-traumatique, l'aggravation progressive de la déviation de l'écho-médian a permis d'en faire le diagnostic.

2° Evolution rapidement croissante de la déviation.

Cette évolution rapidement croissante lors de deux examens successifs, traduit de façon habituelle un accident hémorragique.

Cette déviation a deux caractères très nets :

a) C'est une déviation souvent très importante, plus de 7 mm.

b) C'est une déviation persistante. C'est ce dernier caractère qui est significatif, car dans le cas d'un accident ischémique suivi de ramollissement œdémateux et d'infarctus cérébral, on peut avoir un déplacement semblable (18 cas). Mais alors l'augmentation de la déviation de l'écho-médian va rapidement décroître et même disparaître en quelques jours.

3° *Etude des fluctuations de la déviation de l'écho-médian.*

Ce phénomène permet de suspecter des poussées d'œdème cérébral ou leur régression. Plusieurs faits sont significatifs en faveur de cette hypothèse.

Nous avons ainsi pu dans le cadre de cette série de 1.000 examens voir apparaître dans 2 cas de tumeurs non opérées une déviation de 4 mm attribuée à l'œdème cérébral.

A l'inverse, ce qui semble encore plus concluant, dans deux autres cas, une déviation du même ordre a regressé sous l'influence du traitement anti-œdémateux.

4° *Absence de déviation.*

Même cette absence de déviation de l'écho-médian peut être un élément de diagnostic, en particulier dans les accidents vasculaires banaux (149 cas sur 186) et dans les contusions traumatiques sans hématome (7 cas), vérifiées à l'intervention chirurgicale.

II. — *CORRELATIONS ENTRE L'ECHO-ENCEPHALOGRAPHIE ET LES AUTRES EXAMENS PARACLINIQUES.*

Les résultats de l'écho-encéphalographie ont été confrontés toutes les fois que cela a été possible et suivant le processus pathologique, aux autres examens para-cliniques.

Ainsi dans le cadre de ce travail il a été effectué comme nous l'avons vu :

- 965 électro-encéphalogrammes,
- 128 gamma-encéphalogrammes,
- 503 artériographies cérébrales,
- 41 examens de contraste intraventriculaires,
- 204 interventions ont été pratiquées,
- 9 autopsies ont été faites.

En règle générale l'écho-encéphalographie s'est révélé être un examen para-clinique complémentaire de l'électro-encéphalographie et de la gamma-encéphalographie.

1° *Corrélation écho-électroencéphalographique.*

Nous avons étudié cette corrélation à propos de quatre sortes de processus pathologiques cérébraux, à savoir :

- les hématomes sous-duraux,
- les accidents vasculaires cérébraux,
- les tumeurs cérébrales,
- les suites post-opératoires après exérèse de tumeurs.

a) *Chez les patients suspects d'hématome sous-dural.*

En électro-encéphalographie ce diagnostic est évoqué en présence d'ondes lentes à prédominances unilatérales ou d'une asymétrie d'amplitude avec micro-voltage.

Mais il est des cas où ces informations sont moins nettes : baisse d'amplitude peu significative, association d'ondes lentes d'un côté et d'un moindre voltage de l'autre.

Les renseignements fournis par le sondage ultra-sonore, à savoir qu'une déviation de 10 mm correspond le plus souvent à un hématome ou à une tumeur temporale, sont alors décisifs.

Ceci a été montré de manière très démonstrative dans 3 cas où l'électro-encéphalographie s'était révélé strictement normal.

b) *Dans les accidents vasculaires cérébraux.*

Ici, la situation est inverse : l'électro-encéphalographie révèle souvent derrière des anomalies fonctionnelles diffuses des signes focalisés permettant de préciser le siège de la lésion, mais distingue difficilement entre le caractère expansif ou ischémique de la lésion.

Ainsi nous avons relevé dans notre statistique que dans 20 % des accidents vasculaires étudiés (37 cas sur 186), l'écho-médian était déplacé.

Dans la moitié des cas de déviation (20 cas), il s'agissait d'un accident hémorragique (hématome intracérébral (18) ou hémorragie cérébro-méningée (2)) ; dans les cas restant (17) d'un accident ischémique.

Au point de vue de la valeur de cette déviation de l'écho-médian nous trouvons :

- déviation discrète de moins de 4 mm (8 cas),
- déviation plus importante de 4 à 7 mm (10 cas); elle fut ici transitoire, n'excédant pas trois ou quatre jours.

L'artériographie a montré une image de thrombose d'un gros vaisseau (4 cas) ou a confirmé dans les autres l'absence d'hématome intracérébral.

c) *Chez les malades suspects de tumeur cérébrale*, l'électro-encéphalographie est parfois en défaut.

Ainsi dans les cas de *tumeur frontale engagée* les rythmes électriques sont parfois paradoxalement plus perturbés au niveau de la région frontale comprimée du fait de l'engagement que du côté de la tumeur (3 cas).

Un cas fut particulièrement trompeur ; il existait sur l'électro-encéphalographie, du côté opposé à la tumeur, une activité critique localisée et au niveau de la lésion expansive des ondes delta. La valeur localisatrice habituelle de la décharge critique avait fait incriminer le côté opposé.

Enfin, dans 6 cas de tumeurs de localisations diverses (2 pariétales, 2 frontales, 2 temporales) un tracé normal fut même observé.

L'écho-encéphalographie a permis alors d'orienter le diagnostic et surtout d'éviter une erreur de côté de l'artériographie carotidienne.

Il en fut de même dans d'autres circonstances où des anomalies diffuses de l'électro-encéphalographie sans aucun signe de localisation correspondaient à une lésion expansive localisée : activité lente, thêta, diffuse, dans un cas d'abcès temporal, ralentissement global dans un cas d'hématome sous-dural aigu et dans un autre cas de dilacération du lobe temporal.

Dans ces différentes observations le rôle de l'écho-encéphalographie nous a paru primordial. Mais ce n'est pas la règle générale, car il ne faut pas perdre de vue que dans des circonstances analogues un écho-médian strictement en place a pu coexister avec une néoformation frontale même engagée, mais ne comportant pas d'engagement veineux postérieur (14 cas), d'où la nécessité d'associer l'écho-encéphalographie aux autres examens para-cliniques.

d) *Etude particulière des suites opératoires pour exérèse de tumeur cérébrale.*

Ces tumeurs cérébrales opérées sont responsables d'anomalies électriques permanentes, dont il n'est pas toujours possible de dégager le critère en faveur d'une récurrence.

Un cas particulier nous montrera ici le rôle de l'écho-encéphalographie comme examen de contrôle post-opératoire.

Il s'agit d'un gliome frontal opéré quatre mois auparavant ; l'électro-encéphalographie montrait des ondes lentes bilatérales avec une nette prédominance du côté opéré, permettant d'évoquer une récurrence *in situ*. L'artériographie pratiquée sur les données de l'écho-encéphalographie, qui montrait une déviation importante en sens inverse, a permis d'objectiver une volumineuse tumeur contro-latérale.

Cette observation montre que l'accentuation nette ou l'apparition d'une déviation de l'écho-médian fournit alors un élément de présomption permettant de faire pratiquer d'autres examens para-cliniques affirmant le diagnostic suspecté.

Cependant l'information donnée perd de sa valeur lorsque le volet osseux a été sacrifié ; il en résulte, en effet, une asymétrie et des difficultés pratiques de sondage, le côté opéré offrant une surface déprimée ou bombante.

2° *Corrélations écho-gamma-encéphalographiques.*

La gamma-encéphalographie a été pratiquée chez 128 malades ; cette méthode permet la détection de tumeurs parfois plurifocales et même de petit volume.

Cependant elle fut négative dans 7 cas de tumeurs qui ont été vérifiées à l'intervention chirurgicale, dont deux présentaient une déviation de l'écho-médian.

Ces deux méthodes sont complémentaires puisque certaines tumeurs et en particulier les tumeurs kystiques qui ne donnent que de discrètes anomalies à la gammagraphie, sont en effet électivement décelées par l'écho-encéphalographie.

3° *Corrélations écho-artériographiques.*

L'artériographie carotidienne a été pratiquée dans 503 cas. Notre bilan permet d'affirmer la nécessité de l'artériographie lorsqu'il existe un déplacement supérieur à 4 mm.

Nous avons vu dans ce travail les nombreuses corrélations entre l'écho-encéphalographie et l'artériographie carotidienne dans l'information clinique et dans l'étude des structures responsables de l'écho-médian.

Ainsi en rappel nous pouvons citer les observations où ces deux

méthodes se trouvaient étroitement mêlées et de ce fait ont permis une meilleure étude de l'écho-encéphalographie.

En particulier :

a) Dans le cas où l'écho-médian était en place et l'artériographie normale. C'était le cas des hématomes sous-duraux bilatéraux laissant l'écho-médian en place (10 cas sur 10) ; il en était de même pour certaines lésions cérébrales habituellement polaires (28 cas dont 20 tumeurs frontales).

Dans ces différentes observations il n'y avait pas d'engagement artériel sur les clichés de face ; la pneumo-encéphalographie pratiquée dans quelques cas n'avait pas montré de déviation du 3^e ventricule.

b) Dans les cas où l'écho-médian était en place l'artériographie montrait un engagement antérieur, ceci dans 26 cas comprenant 16 tumeurs, 1 abcès et 9 hématomes. Nous avons montré l'énorme importance de la localisation frontale (13 tumeurs, 1 abcès) par rapport aux localisations temporales (2 tumeurs) et parasagittales (1 méningiome). A l'inverse les 9 hématomes de ces 26 cas étaient tous intratemporaux.

Le fait important ici est, qu'à côté de cet engagement antérieur, il n'y avait pas d'engagement veineux de la veine de Galien et nous avons alors conclu en constatant que ce fait nous paraissait intéressant pour préciser les limites de la méthode dans le diagnostic des lésions frontales et temporales antérieures.

c) Dans le cas où une artériographie carotidienne ne montrait pas d'engagement artériel, mais s'accompagnait d'un engagement de la veine de Galien chez un sujet dont l'écho-médian était en place, nous avons ainsi conclu :

« L'écho-encéphalographie permet de dépister électivement les lésions expansives temporales postérieures ; l'application de la sonde ultra-sonore au lieu d'élection, à 4 cm au-dessus du conduit auditif externe, fournit un écho des structures médianes dont le déplacement est proportionnel à l'engagement de la veine de Galien sur les artériographies de face. »

d) Enfin, la constatation d'une déviation de l'écho-médian dans la majorité des cas nous a apporté un élément complémentaire dans

le problème de l'indication d'artériographie carotidienne qui visualise alors le processus expansif.

En effet, le rôle de l'écho-encéphalographie est alors ici très important car il permet de discuter de l'opportunité de pratiquer une artériographie en raison de l'âge, du mauvais état clinique ou de la discrétion des symptômes.

Corrélations entre l'écho-encéphalographie et les examens comportant l'introduction de produits de contraste dans le système ventriculaire.

Dans 41 cas il a été pratiqué des examens de contraste des cavités ventriculaires se répartissant ainsi :

- contrastes iodés (15 cas),
- contrastes aériques (26 cas).

Ces examens ont été très intéressants dans l'étude de la formation de l'écho-médian : en effet, ils ont montré qu'un écho-double chez 5 patients correspondait à une dilatation du 3^e ventricule et que dans 2 cas une déviation nette de l'écho-médian était en relation avec un engagement du 3^e ventricule.

Ainsi, dans les cas prêtant à discussion sur l'authenticité d'un écho-double ou l'affirmation d'une déviation de l'écho-médian, la pneumo-encéphalographie ou la ventriculographie permettent d'affirmer une asymétrie suspectée à l'écho-encéphalographie.

CHAPITRE VII

CONCLUSIONS

L'écho-encéphalographie, se basant sur la réflexion d'un faisceau d'ultra-sons sur les structures du cerveau, est devenu en quelques années depuis son introduction par LEKSELL, en 1954, une méthode complémentaire utile dans le diagnostic des affections intracrâniennes qui déplacent les structures médianes du cerveau.

Cet examen est effectué avec une seule sonde émettrice-réceptrice travaillant sur une fréquence de 1,5 mégacycle (Appareil Echovar). Les échos ou réflexions des ultra-sons sont objectivés sur l'écran d'un tube cathodique et photographiés avec un appareil polaroïd.

Cet examen montre une succession de trois complexes : un complexe initial, un écho-médian, un complexe controlatéral. L'écho-médian qui est à la base de l'étude de l'écho-encéphalographie est dû à la réflexion des faisceaux ultra-sonores sur les structures médianes du cerveau.

Dans ce travail l'étude de cette méthode a porté sur les 1.500 premiers examens pratiqués dans le Service d'Electro-encéphalographie de l'Hôpital Neurologique de Lyon (Professeur agrégé J. COURJON), et en particulier sur les 1.000 examens écho-encéphalographiques effectués pendant l'année 1965.

Les données de cette statistique nous ont permis de dégager *les points importants se rapportant à l'écho-encéphalographie*, à savoir

- la valeur de la méthode,
- ses indications,

- les structures responsables de l'écho-médian,
- enfin, la place des échos supplémentaires comme moyen de diagnostic.

1^o VALEUR DE L'ÉCHO-ENCÉPHALOGRAPHIE COMME MOYEN COMMODE DE DÉPISTAGE DES FORMATIONS EXPANSIVES INTRA-CRANIENNES.

Cette valeur provient du fait que l'écho-encéphalographie est un examen simple qui peut se faire commodément au lit du malade. Il permet de fournir une première indication dans le cas d'urgence chez un malade fatigué et souvent ininterrogeable.

C'est un examen qui en étant simple permettra d'orienter l'indication des autres examens para-cliniques en évitant ainsi de faire des gestes aveugles, en montrant en particulier le côté où doit se pratiquer l'artériographie carotidienne.

Cependant l'identification de l'écho n'est que d'une simplicité toute relative, car il existe un certain nombre d'erreurs d'interprétation qui diminuent avec l'expérience de l'opérateur. Dans cette étude nous avons trouvé un taux de 1,5 % d'erreur, taux relativement faible.

Enfin, il existe de véritables discordances écho-cliniques qui relèvent uniquement de l'insuffisance de la méthode : ce fait a été trouvé dans 64 cas.

2^o INDICATIONS DE LA MÉTHODE.

D'après cette statistique les principales indications de la méthode semblent être celles-ci.

a) *Dans la phase aiguë des traumatismes crâniens, et des accidents vasculaires* et dans les autres cas d'urgence neurologique, elle peut être proposée à titre systématique du fait de son inocuité ; les renseignements obtenus permettront de juger de l'urgence éventuelle des autres investigations para-cliniques.

b) *Dans le diagnostic de tumeurs intracrâniennes et des hématomes chroniques*, elle fournit une information complémentaire à l'électro-encéphalographie, à la gamma-encéphalographie et à l'artériographie au stade initial du bilan clinique.

Dans certains cas l'écho-encéphalographie permet à elle seule de suspecter fortement l'origine du processus expansif : c'est ainsi qu'une déviation de plus de 10 mm de l'écho-médian correspond le plus souvent à un hématome sous-dural ou à une tumeur temporale.

La déviation de 7 à 10 mm est encore provoquée par une lésion expansive cérébrale dans 91 % des cas et celle de 4 à 7 mm dans 88 % des cas.

Ces faits montrent l'importance de la déviation de l'écho-médian dès que celui-ci dépasse 4 mm.

c) Enfin, l'écho-encéphalographie trouve une indication comme *examen de contrôle post-opératoire* et permet ainsi de suspecter l'apparition soit :

- d'un hématome post-opératoire s'il existe une rapide augmentation de la déviation lors de deux examens successifs et surtout si cette déviation est persistante ;
- d'une poussée d'œdème, s'il y a une fluctuation de la déviation de l'écho-médian ;
- d'une récurrence tumorale.

3° LA RECHERCHE DES STRUCTURES RESPONSABLES DE L'ÉCHO-MÉDIAN nous a montré que le déplacement de l'écho-médian se fait dans le même sens et dans les mêmes proportions que l'engorgement de la veine de Galien. Cette constatation ne présume pas véritablement des structures responsables de l'écho-médian mais semble être d'un intérêt pratique certain.

4° PLACE DES ÉCHOS SUPPLÉMENTAIRES COMME MOYEN DE DIAGNOSTIC.

Enfin, dans le cadre de cette étude, nous nous sommes particulièrement attachés à recueillir tous les *échos supplémentaires* et à essayer de voir leur corrélation avec les processus pathologiques qui ont entraîné la mise en application de l'examen écho-encéphalographique.

Les 42 échos supplémentaires obtenus correspondaient à un écho d'hématome dans 20 cas et à une lésion parenchymateuse

dans 13 autres. Dans les 9 cas restants, aucune formation pathologique n'avait pu être mise en évidence.

Les échos supplémentaires juxta-osseux, forme particulière des échos supplémentaires, nous ont paru les plus intéressants, car lorsqu'ils sont associés à un déplacement de l'écho-médian, ils évoquent un hématome sous-dural chronique (7 cas); associés au contraire à un écho-médian en place, ils permettent de soupçonner un hématome sous-dural bilatéral.

Vu :

Vu :

POUR LE DOYEN,

LE PRÉSIDENT DE LA THÈSE,

l' Assesseur, J. DORCHE

LECUIRE

Vu et permis d'imprimer :

Lyon, le 25 Novembre 1966.

LE RECTEUR, PRÉSIDENT DU CONSEIL DE L'UNIVERSITÉ,
P. LOUIS.

BIBLIOGRAPHIE

- ACHAR (V.S.), COE (R.P.K.), MARSHALL (J.). — Echoencephalography in the differential diagnosis of cerebral haemorrhage and infarction. *The Lancet*, 1966, 7430, 161-163.
- AMBROSE (J.). — Pulsed ultrasound. Illustrations of clinical applications. *Brit. J. Radiol.*, 1964, 37, 435, 165-178.
- BALLANTINE Jr. (H.T.), BOLT (R.H.), HUETER (T.F.), LUDWIG (G.D.). — On the detection of intracranial pathology by ultrasound. *Science*, 1950, 112, 525-528.
- BALLANTINE Jr. (H.T.), HUETER (T.F.), BOLT (R.H.). — On the use of ultrasound for tumor detection. *J. Acoust. Soc., Am.*, 1954, 26, 581.
- BALLANTINE Jr. (H.T.), BELL (E.), MANLAPAZ (J.). — Progress and problems in the neurological applications of focused ultrasound. *J. Neurosurg.*, 1960, 17, 858.
- BARROWS (H.S.), DYCK (P.), KURZE (T.). — Ultrasonic encephalography. The diagnostic application of ultrasound in neurologic disease. *Am. Acad. Neurol.*, Sixteenth annual meeting, april 1964.
- BRAAK (J.W.G.), CREZEE (P.), GRANDIA (W.A.), DE VLIETTER (M.). — Significance of some reflections in echoencephalography. *Acta Neurochir.*, 1961, 9, 382-397.
- BRAAK (J.W.G.), GRANDIA (W.A.M.), DE VLIETTER (M.). — Echoencephalography as an aid in the diagnosis of subdural and extradural haematomas. Recent neurological research, Elsevier, Amsterdam, 1959, 37-45.
- BRINKER (R.A.), KING (D.L.) et TAVERAS (J.M.). — Echoencephalography. *Am. J. Roentg.*, 1965, 93, 4, 781-790.
- BRUCKNER (H.), KAZNER (E.). — Le diagnostic de processus intracrâniens à l'aide de l'écho-encéphalographie. *Revue S. R. W.*, 1964, 21, 1-7.
- BRYLSKI (J.R.) et IZENSTARK (J.L.). — Anatomic localization of midline echo in sonograms of the brain. *Am. J. Roentg.*, 1965, 93, 4, 811-815.
- CHADDUCK (W.M.) et CRUTCHFIELD (W.C.). — Extracranial masses complicating the interpretation of echoencephalograms. A new technique for quantitative evaluation. *J. Neurosurg.*, 1964, 21, 8, 699-703.
- CRAWFORD. — Technique des ultra-sons. Dunod, Editeur.
- DREESE (M.J.), Mc HENRY (L.C.). — Studies of echo-EG correlations. *Am. Acad. Neurol.*, Sixteenth Medical Meeting, april 1964.
- DREESE (M.J.), NETSKY (M.G.). — Clinical use of echoencephalography. *Virginia Med. Mth.*, 1963, 90, 539-548.

- DREESE (M.J.), NETSKY (M.G.). — Studies of lateral reflections in the echo-encephalogram. *Neurology*, 1964, 14, 6, 521-528.
- DUSSIK (K.T.). — Über die Möglichkeit hochfrequente mechanische Schwingungen als diagnostisches Hilfsmittel zu verwerten. *Ztschr. Ges. Neurol. Psych.*, 1942, 174, 153-168.
- DUSSIK (K.T.). — Weitere Ergebnisse der Ultraschalluntersuchen bei Gehirnerkrankungen. *Acta. Neurochir.*, 1952, 2, 379-396.
- DUSSIK (K.T.). — Zum heutigen Stand der medizinischen Ultraschallforschung. *Wien Med. Wschr.*, 1949, 61, 246-248.
- DUSSIK (K.T.), DUSSIK (T.), WYT (L.). — Auf dem Wege zur Hyperphonographie des Gehirns. *Wien Med. Wschr.*, 1947, 97, 425-429.
- ELIZONDO-MARTEL (G.) et GERSOHN-COHEN (J.). — Medical ultrasonics. Essentials of echoencephalography. *Am. J. Roentg.*, 1965, 93, 4, 791-802.
- FISCHER (G.), DUMAS (R.), REVOL (M.), MUNIER (F.), GOUTELLE (A.) et DECHAUME (J.-P.). — L'écho-encéphalographie : expérience de 1.500 examens. *Journal de Médecine de Lyon*, 5 octobre 1966, 1319-1333.
- FISCHER (C.), GERIN (P.), REVOL (M.), COURJON (J.). — Place de l'écho-encéphalographie dans le diagnostic des lésions intracrâniennes. *Journal de Médecine de Lyon*, 20 janvier 1965, 1069, 85-102.
- FISCHER (G.), MORIN (A.), GERIN (P.) et COURJON (J.). — Aspects comparatifs des données écho- et électro-encéphalographiques (à propos de 100 cas). *Ann. Méd. Psych.*, 1964, 122 (2), 3, 434.
- FISCHER (G.), REVOL (M.), MUNIER (F.), GERIN (P.), COURJON (S.), WERTHEIMER (P.). — « Echo-encéphalographie. Valeur diagnostique et résultats ». A paraître in *Neurochirurgia*, 1966.
- FORD (R.), AMBROSE (J.). — Echo-encephalography. The measurements of the position of midline structures in the skull with high frequency pulsed ultrasound. *Brain*, 1963, 86, 186-196.
- FRENCH (L.A.), WILD (J.J.), NEAL (D.). — Detection of cerebral tumours by ultrasonic pulses ; pilot studies on post-mortem material. *Cancer*, 1950, 3, 705-708.
- FRENCH (L.A.), WILD (J.J.), NEAL (D.). — The experimental application of ultrasonics to the localisation of brain tumours. *J. Neurosurg.*, 1951, 8, 198-203.
- FUKUDA (T.), TANAKA (K.), WAGAI (T.). — Application of ultrasound to diagnostic. *J. Acoust. Soc. Jap.*, 1957, 13, 1957.
- GORDON (D.). — Echo-encephalography : ultrasonics rays in diagnostic radiology. *Brit. Med. J.*, 1959, 5136, 1500-1504.
- GROSSMAN (C.C.), LAPIETRA (D.). — Experience with combined E.E.G. and ultrasound techniques in neurology. *Am. Acad. Neurol.*, Sixteenth Annual Meeting, April 1964.
- GUTTNER (W.), FIEDLER (G.), PATZOLD (J.). — Über ultraschallabbildungen am menschlichen Schädel. *Acustica*, 1952, 2, 148-156.
- HOLMES (J.H.), KIRK (R.W.), HOWRY (D.H.). — Ultrasonic visualisation of living tissues. *Fed. Proc.*, 1962, 21, 304.
- JEFFERSON (A.). — Some experiences with echo-encephalography. *J. Neurol. Neurosurg. and Psychiat.*, 1959, 22, 83.

- JEPPSSON (S.). — Echo-encephalography, III. Further studies on the sources of the midline echo and clinical evaluation. *Acta Chirg. Scandinav.*, 1960, 119, 455.
- JEPPSSON (S.). — Echo-encephalography, IV. The midline echo, an evaluation of its usefulness for diagnosing intracranial expansivities and an investigation into its source. *Acta Chirg. Scandinav.*, 1961, Suppl. 272, 1-151.
- KAZNER (E.), KUNZE (S.) et SCHIEFER (W.). — Die Bedeutung der Echo-encephalographie für die Erkennung Epiduraler Hämatomate. *Langenbecks Arch. Klin. Chir.*, 1965, 310, 267-291.
- KURZE (T.), DYCK (P.), BARROWS (H.S.). — Neurosurgical applications of ultrasonic-encephalography (U.E.G.). *Harvey Cushing Soc.*, Thirteenth Annual Meeting, April 1964.
- KURZE (T.), DYCK (P.) et BARROWS (H.S.). — Neurosurgical evaluation of ultrasonic encephalograph. *J. Neurosurg.*, 1965, 22, 5, 437-440.
- LAPAYOWKER (M.S.) et CHRISTEN (G.E.). — Echoencephalography in general hospital practice. *Am. J. Roentg.*, 1965, 93, 4, 803-810.
- LEKSELL (L.). — Kirurgisk behandling av skallskador; paper read at the meeting of Svenska Läkarsällskapet, Stockholm, 7 déc. 1954.
- LEKSELL (L.). — Echo-encephalography, I; Detection of intracranial complications following head injury. *Acta Chir. Scandinav.*, 1955, 110, 301-315.
- LEKSELL (L.). — Echo-encephalography, II. Midline echo from the pineal body as an index of pineal displacement. *Acta Chirg. Scandinav.* 1958, 115, 255-259.
- LEPINTRE (J.), LEFEVRE (J.), DEBRUN (C.) et LEGAL (J.). — Transillumination et écho-encéphalographie. Examens physiques simples dans le diagnostic et dans la surveillance des collections liquidiennes sous-durales chez l'enfant. *Neurochir.*, 1965, 11, 4, 285-293.
- LINTHANDER (B.). — Clinical and experimental studies in echo-encephalography. *Acta Psychiat. Neurol. Scandinav.*, 1961, 36, suppl. 159, 1-53.
- LINTHANDER (B.). — Origin of echoes in the echo-encephalogram. *J. Neurol. Neurosurg. and Psychiat.*, 1961, 24, 22-31.
- LINTHANDER (B.). — A control method for echo-encephalography. *Acta Psych. and Neurol. Scandinav.*, 1960, 35, 235.
- LINTHANDER (B.). — The clinical use of echo-encephalography. *Acta Psychiat. Neurol. Scandinav.*, 1960, 35, 241.
- LINTHANDER (B.). — Echo-encephalography. A general survey. *Acta Neurol. Scand.*, 1965, 41, Suppl. 13, 1-6.
- MAKOW (D.M.). — Délimitation des contours ventriculaires par les ultrasons. *Neurochir.*, 1964, 10, 5, 467-469.
- Mc KINNEY (Wm.M.). — The value of B-mode determination of midline in echo-encephalography. *Am. Acad. Neurol.*, Sixteenth Annual Meeting, April 1964.
- MIKOL (F.). — Comment l'écho-encéphalogramme contrôle ou complète l'électro-encéphalogramme. Séminaire sur l'écho-encéphalographie dans le diagnostic neurochirurgical. Hôpital de la Pitié. Communication orale, 20 juin 1964.
- MIKOL (F.). — L'écho-encéphalographie. *Presse Méd.*, 1965, 73, 13, 729-730.

- MILBLED (C.), WYREMBLEWSKI (F.) et RAMEZ (T.). — L'écho-encéphalographie. Exploration cérébrale par les ultrasons. *Lille Méd.*, 1964, 9, 8, 712-715.
- MIYAJIMA (G.), WAGAI (T.), KIRUCHI (Y.), UCHIDA (R.). — Ultrasonic diagnosis (7 th Report). Ultrasono-tomography of human body. *Proceed. Cong. Acoust. Soc. Jap.*, 1956, may, 103.
- PERSSON (A.W.), ENNBERG (A.), WIDEN (L.). — Valeur diagnostique de l'écho-encéphalographie comme complément de l'E.E.G. Résultats préliminaires. *Rev. Neurol.*, 1963, 108, 2, 106.
- PEYTON (W.). — First clinical use of ultrasound in localisation of brain tumors in operating room., 1951, Cit. by Wild, J.J., & Reid J., 1953.
- PINARD (P.). — Cours d'électronique industrielle I.N.S.A. Lyon.
- PLANIOL (T.), FISCHGOLD (H.), DAVID (M.), SACHS (M.) et COURSON (B.). — Sur les examens physiques ambulatoires du cerveau. Intérêt de l'écho-encéphalographie médiane dans une observation d'emphysème sous-dural. *Neurochir.*, 1965, 11, 4, 273-284.
- PLANIOL (T.), MIKOL (F.), CHARPENTIER (J.) et BUISSON (J.). — L'écho-encéphalographie. Premiers résultats après six mois d'investigations en neurochirurgie. *Revue Neurol.*, 1964, 110, 5, 489-505.
- PLANIOL (T.). — Considérations physiques. Séminaire sur l'écho-encéphalographie dans le diagnostic neurochirurgical. Hôpital de la Pitié. Communication orale, 20 juin 1964.
- PLANIOL (T.). — Comment l'écho-encéphalogramme contrôle ou complète le gamma-encéphalogramme. Séminaire sur l'écho-encéphalographie dans le diagnostic neurochirurgical. Hôpital de la Pitié. Communication orale, 20 juin 1964.
- RUSSO (G.L.) et ARNOLD (J.G.). — Neurosurgical experience with echo-encephalography. *Med. Ann. District Columbia*, 1964, 33, 6, 260-264.
- SAIER (J.), PAILLAS (J.), VIGOUROUX (R.) et GASTAUT (H.). — Intérêt de l'écho-encéphalographie pour le diagnostic neurochirurgical. *Revue Neurol.*, 1964, 111, 6, 520-522.
- SAIER (J.). — L'écho-encéphalographie. Valeur pratique de la méthode en neurochirurgie et en neurologie. *Thèse*, Marseille, 1964, 93 pages.
- SJOGREN (I.). — Echo-ventriculography in infantile hydrocephalus. Preliminary report. *Acta Neurol. Scand.*, 1965, 41, Suppl. 13, 13-18.
- SUGAR (O.), UEMATSU (S.). — Use of ultrasound in diagnosis of intracranial lesions. *The Surgical Clinics of North America*, 1964, 44, 1, 55-64.
- TAMAKA (K.), ITO (K.), ISHIKAWA (S.), UEMATSU (S.). — Ultrasonic diagnosis of brain tumor in children. *J. Pediat. Pract.*, 1962, 25, 7, 130-136.
- TAMAKA (K.), KIKUCHI (Y.), UCHIDA (R.). — Detection of intracranial anatomical abnormalities by ultrasound. *J. Acoust. Soc. Jap.*, 1952, 8, 2, 111.
- TAMAKA (K.), KIRUCHI (Y.), UCHIDA (R.). — Ultrasonic diagnosis of brain tumor. In proc. Third International Congress on Acoustics (L. Cremer, Ed.) Stuttgart, 1960, 1291-1294.
- TAMAKA (K.), ITO (K.), WAGAI (T.). — The localization of brain tumors by ultrasonic techniques. A technical review of 111 cases. *J. of Neurosurg.*, 1965, 23, 2, 135-147.

- TANK (T.M.) et HAMBY (W.B.). — Echoencephalography : an aid in the diagnosis of intracranial lesions ; report of a case. *Clev. Clin. Quart.*, 1964, 31, 2, 101-105.
- TAYLOR (J.C.), NEWELL (J.A.), KARVOUNIS (P.). — Ultrasonics in the diagnosis of intracranial space-occupying lesions. *Lancet*, 1961, 1, 7188, 1197-1199.
- TSUTSUMI (Y.), SANO (K.), KUWABARA (T.), TAYAKURA (K.), HAYAKAWA (I.), SUKUZI (T.), KATANUMA (M.A.). — A new portable echo-encephalograph using ultrasonic transducers ; and its clinical application. *Med. Electron. Biol. Engng.*, 1964, 2, 21-29.
- DE VLIETTER (M.), RIDDER (H.J.). — Use of echo-encephalography. *Neurology*, 1959, 9, 4, 216-223.
- DE VLIETTER (M.). — Encephalographie bei Hirnverletzungen. Kongressbericht. *Acta Neurochir.* (Wien), 1961, 9, 707.
- DE VLIETTER (M.). — Diagnostische hulpmiddelen bij traumatische hersenletsels. *Huisarts en Wetenschap.*, 1962, 5, 337.
- DE VLIETTER (M.). — Echo-encephalographie als hulpmiddel bij de hersendiagnostiek. *Ned. T. Geneesk.*, 1964, 108, 1, 5-10.
- VON SCHIEFFER (W.), KAZNÉR (E.), BRUCKNER (H.). — Die echo-encephalographie, ihre Anwendungsweise und klinischen Ergebnisse, *F. d. Neurol. Psychiat.*, 1963, 31, 9, 457-491.
- WAGAI (T.). — The biological and medical application of ultrasound. Choomba Gitjutsu Binran. Nikkan Kogyo New-paper, Co.
- WAGAI (T.) and others. — Recent advance of medical application of ultrasound developed by the ultrasonic research group in Juntendo University, 1963, march, 1-14.
- WERTHEIMER (P.), FISCHER (G.), COURJON (J.), GERIN (P.), REVOL (M.), MUNIER (F.). — La valeur diagnostique de l'écho-encéphalographie. Etudes d'une statistique de 1.000 examens. *Revue Neurol.*, 1966, t. 114, n° 3, 219-225.
- WHITE (D.N.), CHESEBROUGH (J.N.) et BLANCHARD (J.-B.). — Studies in ultrasonic echoencephalography. A scan determination of the M-echo position in a group of patients. *Neurology*, 1965, 15, 1, 81-86.
- WHITE (D.N.) et BLANCHARD (J.-B.). — Studies in ultrasonic echo-encephalography. Results of an averaging technique to localize the cerebral midline structure. *Neurology*, 1965, 15, 11, 1041-1048.
- WILD (J.), REID (J.M.). — Diagnostic use of ultrasound. *Brit. J. Phys. Med.*, 1956, 19, 248.
-

TABLE DES MATIÈRES

CHAPITRE PREMIER :

Historique.	13
---------------------	----

CHAPITRE II :

Bases théoriques de l'écho-encéphalographie :

1° Rappel des lois physiques régissant les ultra-sons	17
---	----

2° Réalisation pratique de l'examen	28
---	----

CHAPITRE III :

Technique d'enregistrement	35
--------------------------------------	----

CHAPITRE IV :

Matériel d'étude	39
----------------------------	----

CHAPITRE V :

Résultats	41
---------------------	----

CHAPITRE VI :

Valeur diagnostique de l'écho-encéphalographie	61
--	----

CHAPITRE VII :

Conclusions	69
-----------------------	----

BIBLIOGRAPHIE.	73
------------------------	----

IMPRIMERIE A. REY — LYON — 154.999
